

17.739 / H / 03



**TUGAS AKHIR**

**( KL 1702 )**

**ANALISA KEANDALAN DRILL PIPE PADA  
DIRECTIONAL DRILLING AKIBAT BEBAN TORSI**



Oleh :

**TRIYONO**

**NRP. 4395 100 033**

RSKe  
620.004 52  
Tri  
a-1  
2002

**JURUSAN TEKNIK KELAUTAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA**

**2002**

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima ..	27-8-2002
Terima dari	H
No. Agenda Prp.	216788



# **ANALISA KEANDALAN DRILL PIPE PADA DIRECTIONAL DRILLING AKIBAT BEBAN TORSI**

## **TUGAS AKHIR**

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan**

**Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

**Pada**

**Jurusan Teknik Kelautan**

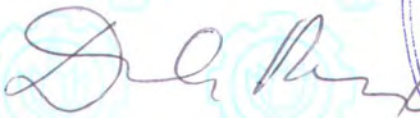
**Fakultas Teknologi Kelautan**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Surabaya**

**Mengetahui/Menyetujui**

**Dosen Pembimbing I**



**Dr. Ir. Daniel M. Rosyid.**

**NIP. 131 782 038**



**Dosen Pembimbing II**



**Ir. J. I. Soedjono, M.Sc.**

**NIP. 130 359 270**





### Abstrak

*"Jawab Mereka: Maha Suci Engkau, tak ada pengetahuan Kami, melainkan apa-apa yang Engkau ajarkan kepada Kami; sesungguhnya Engkau Maha Mengetahui lagi Maha Bijaksana". (QS, 2-32)*

## ABSTRAK

Tugas akhir ini membahas tentang analisa keandalan drill pipe pada directional drilling akibat beban torsi di daerah Kedung Tuban Cepu. Torsional Yield Strength (T), beban torsi pada bagian pemboran vertikal (TV) dan beban torsi pada bagian penambahan sudut (TB) digunakan untuk menentukan moda kegagalan drill pipe. Metode yang digunakan untuk analisa keandalan adalah Metode AFOSM dan Simulasi Monte Carlo. Sebagai perubah acak, digunakan yield strength, beban tarik, berat pipa dalam lumpur, radius of curvature, koefisien gesek dan weight on bit. Untuk Simulasi Monte Carlo digunakan 10.000 sampling simulasi.

Untuk yield strength 40908 psi, beban tarik 123520 lb, berat pipa dalam lumpur 1,375 lb/in, radius of curvature 30121,84 in, koefisien gesek 0,33 dan weight on bit 20000 lb, diperoleh beban torsi sebesar 22129,627 psi.in, nilai keandalan sebesar 0,7852 (untuk metode AFOSM) dan 0,794 (untuk Simulasi Monte Carlo). Antara Metode AFOSM dan Simulasi Monte Carlo memiliki perbedaan keandalan yang kecil.

Dari hasil perhitungan dapat diketahui bahwa keandalan drill pipe pada directional drilling dengan semakin besar yield strength, semakin bertambah nilai keandalan drill pipe. Dengan semakin besar beban tarik, berat pipa dalam lumpur, radius of curvature, koefisien gesek, dan weight on bit, semakin menurun keandalan drill pipe.



## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil alamin

Segala puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, Zat Yang Maha Pengasih dan Penyayang, yang telah memberi limpahan berkah, rahmat, dan karunia serta kekuatan lahir dan batin kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **Analisa Keandalan Drillpipe pada Directional Drilling akibat Beban Torsi**.

Tugas Akhir ini membahas tentang studi keandalan terhadap pengaruh beban torsi selama proses pemboran pada *drillpipe* milik PERTAMINA DO HULU Cepu, yang melakukan pemboran di daerah Kedung Tuban Cepu Jawa Tengah. Diharapkan nantinya menjadi acuan untuk mencegah kegagalan drillpipe pada pemboran selanjutnya.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini jauh dari sempurna, sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan.

Surabaya, 10 Nopember 2001

Penulis

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan terselesainya Tugas Akhir ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan baik moril maupun materiil (semoga Allah membalasnya). Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada :

1. Alm. Bapak, Ibu, Heri dan semua keluarga di Taji.
2. Pak De Tris, Bu De Ning dan semua keluarga Manyar Tegal.
3. Dr. Ir. Paulus Indiono, M.Sc selaku Ketua Jurusan Teknik Kelautan dan Dr. Ir. Wahyudi, M.Sc selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kelautan.
4. Dr. Ir. Daniel M. Rosyid selaku dosen pembimbing I dan Ir. J.J. Soedjono, M.Sc selaku dosen pembimbing II, yang dengan sabar membimbing, memberi arahan dan memberikan ilmu serta dorongan motivasi kepada penulis.
5. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Teknik Kelautan atas segala bantuannya.
6. Bapak E. Djiwandono, Bapak Subarjo, Bapak Gunawan, Bapak Agus Harmadi, Ibu Nik, Bapak Zubair (Pak De nya Cahyo) dan seluruh karyawan PERTAMINA DO HULU Cepu atas pengetahuan pemborannya dan kesempatan yang diberikan untuk KP serta pengambilan data
7. "Prof" Cahyo (atas judul yang diberikan), A. Rahman (atas ilmu filsafatnya) dan Christin. Terima kasih sama-sama KP dan mengambil data di PERTAMINA Cepu.



8. Eko "Pithik" dan Anang atas pinjaman komputer dan printernya.
9. Martunis atas ilmu keandalannya, Sidik atas wira-wirinya , mas Kamid atas bimbingannya, dan mas Wasis atas Monte Carlonya.
10. Arek-arek T-78, Wawan (atas mondar-mandirnya), Yusuf (atas motivasinya), Ginco (atas "jimat"nya), Dhodot (atas "CD"), Ochim, Wier, Rendra dan Sugik (atas ilmu agamanya).
11. Andika atas tumpangannya, Putut (atas "ngibul"nya), Rafik, Papi Herlambang, Azar Ulum, Anam, Rozak dan Umar (atas idenya).
12. Arek Laut 95' semua atas dukungan, guyonan dan kebersamaan selama penulis kuliah di Teknik Kelautan (You are my best family).
13. Keluarga besar KENCRONG atas kebersamaannya saat penulis sumpek dan cangkrukannya selama ini.
14. Dan semua pihak yang telah membantu terselesainya Tugas Akhir ini.

## DAFTAR ISI

	halaman
<b>Halaman Judul.....</b>	<b>i</b>
<b>Lembar Pengesahan .....</b>	<b>ii</b>
<b>Abstraksi.....</b>	<b>iii</b>
<b>Kata Pengantar.....</b>	<b>iv</b>
<b>Ucapan Terima Kasih .....</b>	<b>v</b>
<b>Daftar Isi .....</b>	<b>vii</b>
<b>Daftar Gambar .....</b>	<b>ix</b>
<b>Daftar Tabel.....</b>	<b>xi</b>
<b>Notasi .....</b>	<b>xii</b>
 <b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	 <b>I-1</b>
1.1. Latar Belakang.....	I-1
1.2. Perumusan Masalah.....	I-4
1.3. Batasan Masalah.....	I-4
1.4. Tujuan Penulisan .....	I-5
1.5. Manfaat.....	I-6
1.6. Sistematika Penulisan.....	I-6
 <b>BAB II LANDASAN TEORI .....</b>	 <b>II-1</b>
2.1. Beban Torsi .....	II-1
2.2. <i>Directional Drilling</i> .....	II-3
2.2.1. Pengertian dan Prinsip Kerja.....	II-3
2.2.2. <i>Bottom Hole Assembly</i> .....	II-6
2.3. Beban Torsi Saat Pemboran .....	II-7
2.4. Panjang Lintasan Miring .....	II-10
2.5. <i>Radius of Curvature</i> .....	II-11
2.6. Kecepatan Putar Kritik .....	II-13
2.7. Konsep Analisa Keandalan .....	II-14
2.7.1. Umum.....	II-14



2.7.2. Konsep Ketidakpastian.....	II-16
2.7.3. Penggunaan Metode Keandalan pada <i>Drill Pipe</i> .....	II-18
2.8. Moda Kegagalan.....	II-24
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>III-1</b>
3.1. Diagram Alir.....	III-1
3.2. Metodologi Penulisan.....	III-2
3.3. Metode Analisa .....	III-3
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>IV-1</b>
4.1. Data Lapangan.....	IV-1
4.2. Perhitungan Beban Torsi.....	IV-1
4.3. Penentuan Moda Kegagalan <i>Drill Pipe</i> .....	IV-3
4.4. Analisa Keandalan Struktur .....	IV-5
4.5. Analisa Hasil Perhitungan.....	IV-11
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>V-1</b>
5.1. Kesimpulan.....	V-1
5.2. Saran.....	V-2

**Daftar Pustaka**

**Lampiran**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Pemodelan <i>Drill pipe</i> .....	I-7
Gambar 1.2 <i>Drill pipe</i> .....	I-8
Gambar 2.1. <i>Directional Drilling</i> .....	II-4
Gambar 2.2. <i>Radius of Curvature</i> .....	II-12
Gambar 2.3. Interpretasi geometri indeks keandalan .....	II-21
Gambar 2.4. Indeks keandalan untuk fungsi kerja non-linier .....	II-21
Gambar 3.1. Diagram Alir Metodologi .....	III-1
Gambar 3.2. Flowchart AFOSM .....	III-5
Gambar 3.3. Diagram alir untuk Simulasi Monte Carlo .....	III-6
Gambar 4.1. <b>Grafik Keandalan vs <i>yield strength</i></b> (untuk berat pipa dalam lumpur ( $\mu = 1,375$ $\sigma = 0,275$ lb/in), <i>radius of curvature</i> ( $\mu = 30121.84$ $\sigma = 6024,368$ in), koefisien gesek ( $\mu = 0.33$ $\sigma = 0.0165$ ), <i>weight on bit</i> ( $\mu = 20000$ $\sigma = 4000$ lb) dengan $\sigma$ = variasi beban tarik) (menggunakan Simulasi Monte Carlo). ....	IV-13
Gambar 4.2. <b>Grafik Keandalan vs beban tarik</b> (untuk <i>yield strength</i> ( $\mu = 40908$ $\sigma = 2045.4$ psi), <i>radius of curvature</i> ( $\mu = 30121.84$ $\sigma = 6024,368$ in), koefisien gesek ( $\mu = 0.33$ $\sigma = 0.0165$ ), $\sigma$ = <i>weight on bit</i> ( $\mu = 20000$ $\sigma = 4000$ lb) dengan variasi $\sigma$ = berat pipa dalam lumpur) (dengan Simulasi Monte Carlo). ....	IV-14
Gambar 4.3. <b>Grafik Keandalan vs berat pipa dalam lumpur</b> (untuk <i>yield strength</i> ( $\mu = 40908$ $\sigma = 2045.4$ psi), beban tarik ( $\mu = 123520$ $\sigma = 6176$ lb), koefisien gesek ( $\mu = 0.33$ $\sigma = 0.0165$ ), <i>weight on bit</i> ( $\mu = 20000$ $\sigma = 4000$ lb) dengan variasi <i>radius of curvature</i> ) (menggunakan Simulasi Monte Carlo). ....	IV-14
Gambar 4.4. <b>Grafik Keandalan vs <i>radius of curvature</i></b> (untuk <i>yield strength</i> ( $\mu = 40908$ $\sigma = 2045.4$ psi), beban tarik ( $\mu = 123520$ $\sigma = 6176$ lb), berat pipa dalam lumpur ( $\mu = 1.375$ $\sigma = 0.275$ lb/in), $\sigma$ = <i>weight on bit</i> ( $\mu = 20000$ $\sigma = 4000$ lb) dengan variasi $\sigma$ = koefisien gesek) (menggunakan Simulasi Monte Carlo). ....	IV-15



- Gambar 4.5. **Grafik Keandalan vs koefisien gesek** (untuk *yield strength* ( $\mu = 40908$   $\sigma = 2045.4$  psi), beban tarik ( $\mu = 123520$   $\sigma = 6176$  lb), berat pipa dalam lumpur ( $\mu = 1.375$   $\sigma = 0.275$  lb/in),  $\sigma =$  *radius of curvature* ( $\mu = 30121.84$   $\sigma = 6024.368$  in) dengan  $\sigma =$  variasi *weight on bit*) (menggunakan Simulasi Monte Carlo). ..... IV-15
- Gambar 4.6. **Grafik Keandalan vs *yield strength*** (untuk beban tarik ( $\mu = 123520$   $\sigma = 6176$  lb), berat pipa dalam lumpur ( $\mu = 1.375$   $\sigma = 0.275$  lb/in), *radius of curvature* ( $\mu = 30121.84$   $\sigma = 6024.368$  in)  $\sigma =$  koefisien gesek ( $\mu = 0.33$   $\sigma = 0.0165$ ) dan *weight on bit* ( $\mu = 20000$   $\sigma = 4000$  lb)) (menggunakan Metode AFOSM). ..... IV-16
- Gambar 4.7. **Grafik Keandalan vs *Radius of curvature*** (untuk *yield strength* ( $\mu = 40091$   $\sigma = 2004,55$  psi) beban tarik ( $\mu = 123520$   $\sigma = 6176$  lb), berat pipa dalam lumpur ( $\mu = 1.375$   $\sigma = 6176$  lb), koefisien gesek ( $\mu = 0.33$   $\sigma = 0.0165$ ) dan *weight on bit* ( $\mu = 20000$   $\sigma = 4000$  lb)) (Metode AFOSM) ..... IV-16
- Gambar 4.8. **Grafik Keandalan vs koefisien gesek** (untuk *yield strength* ( $\mu = 40091$   $\sigma = 2004,55$  psi) beban tarik ( $\mu = 123520$   $\sigma = 6176$  lb), berat pipa dalam lumpur ( $\mu = 1.375$   $\sigma = 6176$  lb), *radius of curvature* ( $\mu = 30121.84$   $\sigma = 6024.368$ ) dan *weight on bit* ( $\mu = 20000$   $\sigma = 4000$  lb)) (Metode AFOSM) ..... IV-17
- Gambar 4.9. **Grafik Keandalan vs *yield strength*** (untuk beban tarik ( $\mu = 123520$   $\sigma = 6176$  lb), berat pipa dalam lumpur ( $\mu = 1.375$   $\sigma = 6176$  lb), *radius of curvature* ( $\mu = 30121.84$   $\sigma = 6024.368$  in)  $\sigma =$  koefisien gesek ( $\mu = 0.33$   $\sigma = 0.0165$ ) dan *weight on bit* ( $\mu = 20000$   $\sigma = 4000$  lb)). ..... IV-18
- Gambar 4.10. **Grafik Keandalan vs *radius of curvature*** (untuk *yield strength* ( $\mu = 40908$   $\sigma = 2045.4$  psi), beban tarik ( $\mu = 123520$   $\sigma = 6176$  lb), berat pipa dalam lumpur ( $\mu = 1.375$   $\sigma = 6176$  lb), koefisien gesek ( $\mu = 0.33$   $\sigma = 0.0165$ ) dan *weight on bit* ( $\mu = 20000$   $\sigma = 4000$  lb)). ..... IV-19
- Gambar 4.11. **Grafik Keandalan vs koefisien gesek** (untuk *yield strength* ( $\mu = 40908$   $\sigma = 2045.4$  psi), beban tarik ( $\mu = 123520$   $\sigma = 6176$  lb), berat pipa dalam lumpur ( $\mu = 1.375$   $\sigma = 6176$  lb), *radius of curvature* ( $\mu = 30121.84$   $\sigma = 6024.368$  in) dan *weight on bit* ( $\mu = 20000$   $\sigma = 4000$  lb)). ..... IV-20

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Nilai C.O.V .....	IV-6
Tabel 4.2. Nilai $\sigma$ dan $\mu$ . untuk masing-masing perubah acak .....	IV-6
Tabel 4.3. <b>Perbandingan nilai Simulasi Monte Carlo dengan Metode AFOSM</b> (untuk beban tarik ( $\mu = 123520$ $\sigma = 6176$ lb), berat pipa dalam lumpur ( $\mu = 1.375$ $\sigma = \sigma = 6176$ lb), <i>radius of curvature</i> ( $\mu = 30121.84$ $\sigma = \sigma = 6024.368$ in), koefisien gesek ( $\mu = 0.33$ $\sigma = 0.0165$ ) $\sigma$ = dan <i>weight on bit</i> ( $\mu = 20000$ $\sigma = 4000$ lb)). .....	IV-17
Tabel 4.4. <b>Perbandingan nilai Simulasi Monte Carlo dengan Metode AFOSM</b> (untuk <i>yield strength</i> ( $\mu = 40908$ $\sigma = 2045.4$ psi), beban tarik ( $\mu = 123520$ $\sigma = 6176$ lb), $\sigma$ = berat pipa dalam lumpur ( $\mu = 1.375$ $\sigma = 6176$ lb), koefisien gesek ( $\mu = 0.33$ $\sigma = 0.0165$ ) dan <i>weight on bit</i> ( $\mu = 20000$ $\sigma = 4000$ lb)). .....	IV-18
Tabel 4.5. <b>Perbandingan nilai Simulasi Monte Carlo dengan Metode AFOSM</b> (untuk <i>yield strength</i> ( $\mu = 40908$ $\sigma = 2045.4$ psi), beban tarik ( $\mu = 123520$ $\sigma = 6176$ lb), $\sigma$ = berat pipa dalam lumpur ( $\mu = 1.375$ $\sigma = 6176$ lb), koefisien gesek ( $\mu = 0.33$ $\sigma = 0.0165$ ) dan <i>weight on bit</i> ( $\mu = 20000$ $\sigma = 4000$ lb)). .....	IV-19



## NOTASI

A	= Luas penampang
DLS	= Dogleg severity
FK	= Fungsi kerja
I	= Momen inersia
ID	= Inside diameter
k	= Resultan panjang vektor satuan
L	= Panjang pipa
MK(Z)	= Moda kegagalan sebagai fungsi Z
n	= Banyaknya sampel
N	= Jumlah total sampel
OD	= Outside diaeter
P	= Indeks perubah dasar $X_p$
$P_g$	= Peluang kegagalan
R	= Radius of curvature
SG	= Spesific gravity
T	= Torsi pada kondisi tarik
TB	= Torsi pada bagian pertambahan sudut
$T_e$	= Beba tarik
TV	= Torsi pada bagian vertikal
$W_a$	= Berat pipa di udara
$W_m$	= Berat pipa dalam lumpur

$W_m$	= Berat pipa dalam lumpur
WOB	= Weight on bit
X	= Perubah dasar
Y	= Yield strength
Z	= Perubah dasar baku
$\alpha$	= Vektor normal satuan
$\beta$	= Indeks keandalan
$\sigma$	= Standart deviasi
$\mu$	= Koefisien gesek
$\theta_1$	= Sudut arah lintasan masuk
$\theta_2$	= Sudut arah lintasan keluar
$\varphi_1$	= Sudut masuk kemiringan lintasan
$\varphi_2$	= Sudut keluar kemiringan lintasan



*Kupersembahkan untuk :*

*Alm. Ayah*

*Ibu*

*Heri*



## BAB I PENDAHULUAN

*"Hai jin dan manusia. Jika kamu sanggup menembus ruang angkasa dan bumi, tembuslah. Tak mungkin kamu menembusnya kecuali dengan kekuatan ilmu pengetahuan dan teknologi (shultun)". (QS. Ar rahman : 33)*



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 LATAR BELAKANG

PERTAMINA Hulu Cepu merupakan penghasil minyak terbesar ketiga dari seluruh PERTAMINA di Indonesia. Sebagian besar sumur minyaknya berlokasi di daerah Kawengan yang merupakan sumur-sumur tua peninggalan Belanda. Untuk meningkatkan produksinya, PERTAMINA Hulu Cepu mencoba membuka ladang minyak baru di daerah Kedung Tuban. Dengan telah dilakukan survey seismik sebelumnya, daerah Kedung Tuban diduga memiliki cadangan hidrokarbon yang cukup besar. Ini mendorong pihak PERTAMINA melakukan pemboran untuk membuktikan kebenaran hasil survei tersebut. PERTAMINA melakukan operasi pemboran di daerah Kedung Tuban Cepu dengan metode *Directional drilling*. Hal ini disebabkan karena formasi tanah di daerah Kedung Tuban tidak memungkinkan dilakukan pemboran secara vertikal.

Pemboran terarah (*Directional Drilling*) adalah suatu metode dalam membelokkan lubang sumur untuk selanjutnya diarahkan pada suatu sasaran tertentu. Dalam pemboran suatu formasi tanah sebenarnya selalu diinginkan lubang sumur yang vertikal karena biaya operasionalnya lebih murah dan pengoperasian peralatannya juga relatif mudah. Karena alasan-alasan tertentu, maka dilakukan pemboran terarah. Alasan-alasan dilakukannya pemboran terarah adalah karena *reservoir* terletak di bawah rawa-rawa atau sungai,

*reservoir* terletak di bawah bangunan-bangunan atau perkotaan, adanya *salt dome* atau patahan, pemboran yang dilakukan dengan sistem gugusan sumur (*cluster system*), atau untuk menghindari semburan liar.

Dalam pemboran terarah beban puntiran adalah hal penting. Penetrasi mata bor (*bit*) dalam tanah dilakukan dengan beban putaran. Penghitungan beban torsi *drill pipe* pada *directional drilling* dilakukan pada pipa yang melengkung. Pada bagian *drill pipe* yang melengkung, torsi yang terjadi semakin kritis dibanding yang berbentuk lurus. Pergeseran irisan bidang pada *drill pipe* akibat besarnya torsi dapat menyebabkan patah. Apabila suatu *drill pipe* patah, untuk mengangkatnya kembali ke permukaan perlu waktu yang cukup lama, biaya yang besar dan bahkan ada yang ditinggalkan begitu saja dengan mencari tempat lain untuk dilakukan pengeboran.

Agar tidak terjadi kegagalan suatu struktur perlu dilakukan analisa keandalan pada struktur tersebut. Pendekatan analisa keandalan memiliki tingkat kecermatan yang lebih baik dibanding dengan menggunakan angka keselamatan (*safety factor*). Banyaknya variasi besaran yang digunakan dapat dilakukan pendekatan secara lebih rasional dengan menggunakan analisa keandalan. Metode keandalan yang digunakan adalah metode *Advance First Order Second Moment* dan simulasi Monte Carlo.

*Torsional strength* adalah batas maksimum besarnya torsi yang dapat diberikan pada *drill pipe* sebelum *drill pipe* mengalami kelelahan. Untuk menghitung besarnya torsi yang dapat ditanggung oleh *drill pipe* pada kondisi tarik/*tensile (torsional strength)* dapat didasarkan pada standart API RP 7G.



Penghitungan *torsional strength* dilakukan sebagai pembandingan terhadap besarnya beban torsi yang terjadi pada *drill pipe* pada bagian melengkung. Selisih antara besarnya *torsional strength* dengan beban torsi *drill pipe* pada bagian yang melengkung digunakan sebagai pedoman untuk menentukan kegagalan *drill pipe*. Apabila selisih antara kedua beban bernilai positif, maka *drill pipe* dinyatakan handal. Tapi bila selisih kedua beban bernilai nol atau negatif, maka *drill pipe* mengalami kegagalan struktur.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, analisa *drill pipe* dilakukan pada beberapa perubah acak. Perubah acak digunakan untuk mengetahui kecenderungan keandalan *drill pipe*. Kecenderungan ini dapat diketahui apabila dilakukan variasi pada salah satu perubah acak, sedangkan perubah acak yang lain tetap. Perubah acak yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. *Torsional Yield Strength* (Y).
2. Beban Tarik ( $T_c$ ).
3. Berat pipa dalam Lumpur ( $W_m$ ).
4. *Radius of Curvature* (R).
5. Koefisien gesek ( $\mu$ )
6. *Weight on Bit* (WOB).

Untuk melakukan analisa keandalan, data-data yang diperlukan adalah data Tabel *Yield Strength* dan *Tensile Data*, data Laporan Harian dan Pemboran. Dari data Tabel *Yield Strength* dan *Tensile Data* dapat diketahui besarnya *Torsional Yield Strength* suatu *drill pipe*. Dari data Laporan Harian Pemboran dapat diketahui *Specific Gravity* lumpur pemboran (berhubungan

dengan berat pipa dalam lumpur), *Dogleg Severity* (berhubungan dengan *Radius of Curvature*) dan *Weight on Bit* yang digunakan.

## 1.2 PERUMUSAN MASALAH

Masalah yang diajukan dalam penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Berapakah besarnya beban torsi yang terjadi pada *drill pipe* untuk pemboran direksional ?
2. Berapakah keandalan *drill pipe* akibat moda kegagalan torsi pada *directional drilling* dan bagaimana kecenderungan hubungan antara *yield strength*, beban tarik/*tensile*, berat pipa dalam lumpur, *radius of curvature*, koefisien gesek dan *weight on bit* dengan keandalan *drill pipe* ?

## 1.3 BATASAN MASALAH

Batasan masalah yang diperlukan dalam penulisan ini adalah sebagai berikut :

1. *Pile* merupakan baja bersilinder dan dalam batas elastis.
2. Modulus elastisitas (*EI*) *drill pipe* adalah konstan.
3. *Drill pipe* dianggap bekerja tanpa beban hidrostatik akibat lumpur pemboran.
4. Variasi variabel perubah acak diambil dari data pada bagian pertambahan sudut (*Build of Curve*).
5. Koefisien gesek tanah sebesar 0,33 (sesuai data) dan asumsi variasi sebesar 0,24; 0,3; 0,35; 0,4.



6. Nilai C.O.V merupakan nilai asumsi yang besarnya berdasarkan pada range setiap perubah acak.
7. Keandalan dihitung dengan metode AFOSM dan simulasi Monte Carlo.
8. Lokasi yang di tinjau adalah di sumur KTB-A daerah Kedung Tuban Cepu Jawa Tengah.

#### 1.4 TUJUAN PENULISAN

Tujuan yang ingin dicapai pada penulisan tugas akhir adalah :

1. Mengetahui besarnya beban torsi yang terjadi pada *drill pipe*.
2. Mengetahui nilai keandalan *drill pipe* akibat beban torsi pada *directional drilling* dan mengetahui :
  - Kecenderungan hubungan antara *minimum yield strength* dengan keandalan *drill pipe*.
  - Kecenderungan hubungan antara beban tarik dengan keandalan *drill pipe*.
  - Kecenderungan hubungan antara berat pipa dalam lumpur dengan keandalan *drill pipe*.
  - Kecenderungan hubungan antara *radius of curvature* dengan keandalan *drill pipe*.
  - Kecenderungan hubungan antara koefisien gesek tanah dengan keandalan *drill pipe*.
  - Kecenderungan hubungan antara *weight on bit* dengan keandalan *drill pipe*.

## 1.5 MANFAAT

Dari perhitungan dan analisa, manfaat yang diharapkan adalah memberikan suatu hasil yang dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk menentukan dimensi *drill pipe* pada pengeboran direksional yang mampu menahan beban torsi yang terjadi.

## 1.6 SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika Penulisan yang digunakan dalam penulisan tugas akhir adalah sebagai berikut:

### BAB I PENDAHULUAN

Diuraikan tentang latar belakang penulisan tugas akhir, permasalahan yang terjadi dan tujuan yang ingin dicapai, batasan masalah yang digunakan sehingga permasalahan tidak melebar dan manfaat yang diperoleh dari penulisan tugas akhir.

### BAB II LANDASAN TEORI

Diuraikan dasar-dasar teori yang digunakan, meliputi beban torsi, pengertian dan cara kerja *directional drilling*, beban torsi yang terjadi selama pemboran, teori-teori keandalan (dengan metode-metode yang digunakan) serta moda kegagalan sehingga diketahui peluang keandalan *drill pipe* yang digunakan selama proses pemboran serta penentuan perubah acak

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

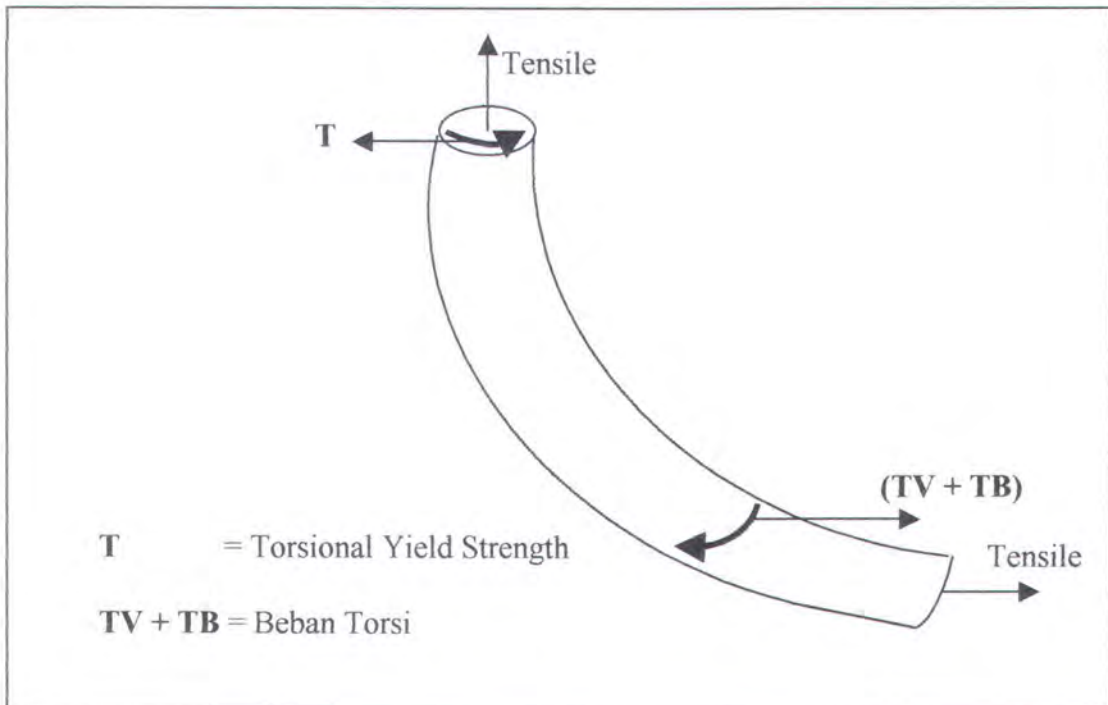
Diuraikan mengenai tahap-tahap dalam dalam penulisan, mulai dari studi literatur, pengambilan data sampai analisa data serta sistematika.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Diuraikan mengenai hasil dari perhitungan secara teoritis dan hasil analisa berikut grafik-grafiknya. Disajikan pula pembahasan hasil analisa dari metode-metode yang digunakan (metode AFOSM dan simulasi Monte Carlo).

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

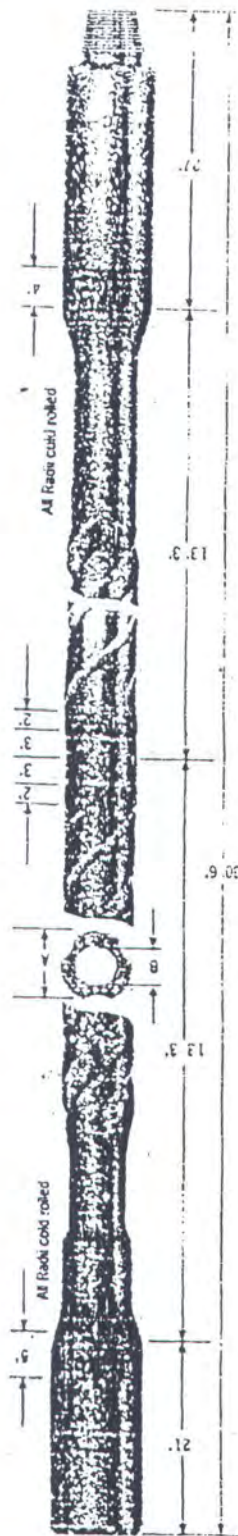
Berisi kesimpulan dari hasil analisa dan saran-saran untuk penyempurnaan lebih lanjut atau kemungkinan lain dari analisa tersebut.



Gambar 1.1 Pemodelan *Drill Pipe*



Gambar 1.2 Drill pipe (OMSCO Drilling Manual, 1983).





## BAB II LANDASAN TEORI

*“Kata-kata hanya mengikuti ketentuan dari akal pikiran dan kebenaran  
“agamawi” tidak dapat dilukiskan dengan kata-kata”. (Al Ghazali)*

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1. BEBAN TORSI

Beban torsi dalam pemboran digunakan untuk memutar *drill bit* pada saat melakukan penetrasi. Pada kasus elastisitas di mana tegangan berbanding lurus dengan regangan maka tegangan akan berubah secara linier dari sumbu pusat batang melingkar. Tegangan yang disebabkan oleh penyimpangan-penyimpangan yang disebut adalah tegangan geser yang terletak pada bidang yang sejajar dengan irisan yang diambil tegak lurus terhadap sumbu batang. Tegangan geser batang maksimum akan terjadi pada titik-titik terjauh dari pusat ( $c$ ) dan dinyatakan dengan  $\tau_{\max}$ . Dan untuk titik-titik yang berjarak  $\rho$  dari pusat maka tegangan gesernya adalah  $(\rho/c)\tau_{\max}$ . Maka pada irisan tertentu,  $\tau_{\max}$  dan  $c$  adalah konstan, maka hubungannya dapat ditulis sebagai berikut (Popov, 1989).

$$T = \frac{\tau_{\max}}{c} \int \rho^2 dA \quad (2.1)$$

Sedangkan  $\int \rho^2 dA$  adalah nilai momen inersia polar ( $I_p$ ). Untuk penampang berbentuk lingkaran  $dA = 2\pi\rho d\rho$ , dimana  $2\pi\rho$  adalah keliling dari lingkaran dengan radius  $\rho$  dan lebar  $d\rho$ . Jadi momen inersia polar adalah :

$$I_p = \int \rho^2 dA = \int_0^c 2\pi\rho^3 d\rho = 2\pi \left[ \frac{\rho^4}{4} \right]_0^c = \frac{\pi c^4}{2} = \frac{\pi d^4}{32} \quad (2.2)$$

dimana:  $d$  = diameter lingkaran

$I_p$  = momen inersia polar



Dengan menggunakan  $I_p$  dari luas lingkaran, maka dari persamaan dapat ditulis :

$$\tau_{\max} = \frac{T_p}{I_p} \quad (2.3)$$

sedangkan apabila yang ditinjau adalah sebuah batang yang memiliki 2 buah diameter yaitu diameter dalam dan diameter luar, maka persamaan untuk menyelesaikan masalah puntiran adalah :

$$I_p = \int_A \rho^2 dA = \int_b^c 2\pi\rho^3 d\rho = \frac{\pi c^4}{2} - \frac{\pi b^4}{2} \quad (2.4)$$

dimana:  $c$  = diameter luar tabung

$b$  = diameter dalam tabung

dan untuk tabung yang tipis, dimana nilai  $c$  hampir sama dengan nilai  $b$ , dan  $c-b = t$ , maka persamaan untuk mencari  $I_p$  menjadi sederhana yaitu :

$$I_p \approx 2\pi c^3 t \quad (2.5)$$

yang perlu diperhatikan dalam penggunaan rumus puntiran ini adalah :

1. Syarat-syarat kesetimbangan digunakan untuk menerangkan momen puntir dalam atau perlawanan.
2. Deformasi diandaikan sedemikian hingga regangan geser berubah secara linier dari sumbu poros.
3. Sifat-sifat bahan dalam bentuk hukum Hooke digunakan untuk menghubungkan pengandaian variasi regangan terhadap tegangan.

Di dalam pengeboran beban torsi terjadi pada saat *drill pipe* dalam kondisi tarik/*tensile*. Berdasarkan API RP 7G, untuk menghitung beban torsi yang dapat ditanggung oleh pipa pemboran pada kondisi *tensile*/tertarik :

$$T = \frac{0,0962}{OD} I \left[ Y^2 - \left( \frac{T_e}{A} \right)^2 \right]^{0.5} \quad (2.6)$$

$$I = \frac{\pi}{32} (OD^4 - ID^4) \quad (2.7)$$

Dimana :

T : Torsi pada kondisi tertarik (lb-ft)

I : Momen inersia polar

OD : *Outside Diameter* (inchi)

ID : *Inside Diameter* (inchi)

Y : *Minimum Yield Strength* (psi)

T<sub>e</sub> : Beban tarik (lb)

A : Luas penampang pipa (inchi<sup>2</sup>)

## 2.2. DIRECTIONAL DRILLING

### 2.2.1. Pengertian Dan Prinsip Kerja

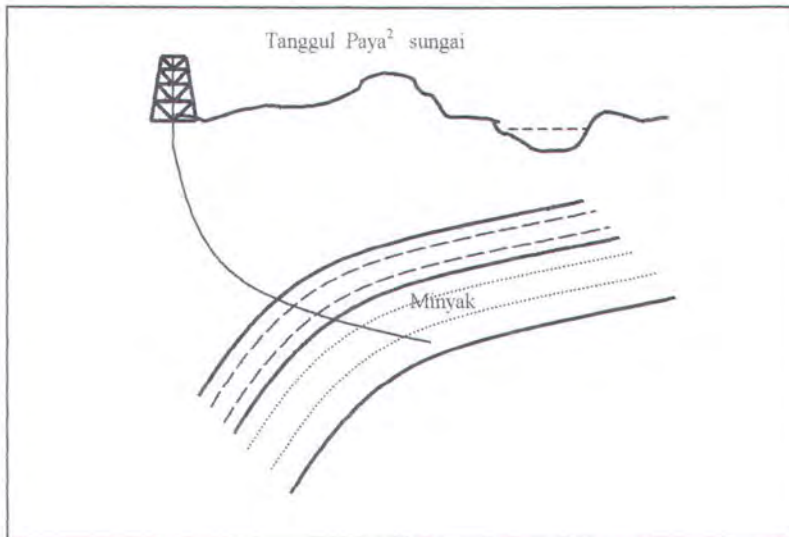
Ada tiga macam jenis pemboran yang bisa dilakukan untuk mencapai reservoir yang sudah ditemukan (CAODC) :

1. *Vertical Drilling.*
2. *Horisontal Drilling*
3. *Directional Drilling.*

*Directional drilling* adalah pemboran yang diarahkan menuju titik *reservoir* yang diinginkan. Jadi *reservoir* yang ditemukan tidak terdapat langsung di bawah *platform* yang dibuat. Pada proses ini, desainnya dibagi menjadi dua bagian :

1. Vertikal *drilling* sampai kedalam tertentu yaitu KOP (*Kick Off Point*).

2. Pemboran yang menggunakan pertambahan sudut tertentu (1-3 derajat) per 30 meter sampai menuju target yang diinginkan.



Gambar 2.1 *Directional Drilling*

Prinsip kerja dari *directional drilling* ini adalah pengerjaan pemboran yang dilakukan secara langsung mengarah ke suatu *reservoir*. Untuk pelumasan digunakan lumpur pemboran yang dipompakan ke dalam *casing* untuk mengurangi gesekan dan mengurangi pengaruh kerasnya formasi tanah yang akan dibor.

Tidak selamanya pemboran yang kita laksanakan akan lurus seperti yang kita inginkan. Terkadang dengan sendirinya *drill string* mengalami pembengkokan. Ini dapat terjadi pada semua jenis pemboran. Hal ini disebabkan karena faktor-faktor sebagai berikut :

- Faktor formasi.

Formasi tanah yang berlapis-lapis dengan pelapisan yang miring maka lubang bor akan cenderung untuk tegak lurus pada bidang pelapisan. Penembusan



oleh *bit* pada formasi akan meninggalkan suatu baji yang dapat bertindak sebagai baji kecil.

- Faktor mekanis.

Faktor-faktor mekanis disebabkan karena *drill string* tidak cukup kekar sehingga mudah melengkung, beban pada *bit* yang berlebihan atau adanya perubahan *bottom hole assembly*.

Pemboran direksional/terarah dilakukan karena alasan-alasan topografi, geologi dan alasan-alasan lainnya. Untuk mengarahkan pipa dalam pemboran menggunakan alat bantu sebagai berikut (CAODC) :

- *Badger bit*

Prinsip kerjanya adalah salah satu *nozzle* pada *bit* berukuran lebih besar. Menyebabkan semburan lumpur lebih keras sehingga lubang akan membelok ke arah tersebut.

- *Spot bit*

Adalah *bit* tanpa *roller* dan mempunyai *nozzle*. Cara kerja seperti *badger bit*, tapi ditambah dengan tumbukan.

- *Knuckle joint*

Adalah *drill string* yang diperpanjang dengan sendi peluru, sehingga memungkinkan putaran sudut antara *drill string* dengan *bitnya*.

- *Whipstock*

Berbentuk baji dengan saluran yang melengkung tempat bergerak *bit*.

- *Turbo drill*

*Down hole mud turbine* yang dapat memutar *bit* tanpa harus memutar rangkaian bor.

### 2.2.2. Bottom Hole Assembly (BHA)

*Bottom Hole Assembly (BHA)* adalah merupakan rangkaian peralatan bawah permukaan yang dipasang di bagian bawah pipa bor, guna memperoleh hasil kerja yang baik dalam membentuk lubang lintasan berdasarkan desain lintasan yang direncanakan. Pada umumnya BHA merupakan kombinasi peralatan-peralatan pemboran yang meliputi : mata bor (*bit*), *reamer*, peralatan survey, *Non Magnetic Drill Collar (NMDC)*, *down hole motor*, *Bent sub*, *Heavy weight drill pipe (HWDP)*, dan *jar*, yang dipasang dengan susunan tertentu dengan mengikuti prinsip-prinsip pendulum dan stabilitas.

Terdapat berbagai susunan dalam peralatan *Bottom Hole Assembly (BHA)* yang digunakan, tergantung pada kondisi lapangan dan sistem pemborannya. Masing-masing rangkaian BHA ini mempunyai karakteristik yang unik dalam penyusunannya tergantung pada desain lubang lintasan. Efisiensi pemboran lintasan *directional* sangatlah tergantung oleh pemilihan peralatan dan susunan BHA. Pemilihan BHA dipengaruhi oleh model lintasan yang diinginkan, kondisi tanah, pengalaman *driller* serta kelengkapan yang tersedia.

*Bottom Hole Assembly (BHA)* yang akan digunakan dalam pemboran *directional* harus dirancang sesuai dengan kondisi lapangan sehingga memberikan kinerja yang baik dalam membentuk kemiringan, arah lintasan, maupun laju

pertambahan sudut. Laju pertambahan sudut tergantung dari ukuran *drill collar*, berat pada *bit* dan kecepatan putar. Laju pertambahan sudut dapat diatur dengan mengubah jarak antara stabiliser dengan *bit* dengan sedikit terpisah oleh *bent sub*. Hal ini akan menambah efek pengungkitan dan laju pertambahan sudut akan naik.

### 2.3.BEBAN TORSI SAAT PEMBORAN

Untuk semua jenis pemboran baik *vertical*, *directional* maupun *horizontal*, beban yang terjadi jenisnya hampir sama. Pada saat beroperasi pemboran secara *directional* ada beberapa beban yang diterima oleh pipa bor. Beban itu antara lain (Boivin, 1994):

1. Beban karena berat pipa bor itu sendiri.
2. Beban *tension*.
3. Gesekan pipa dengan tanah.
4. Tekanan pada saat *penetrasi*.
5. Penarikan pipa.

Seberapa besar pengaruh beban-beban tersebut pada struktur pipa bor tergantung pada beberapa hal seperti keadaan struktur yang ada di bawah tanah, kondisi tanah, bentuk lintasan dan jenis lumpur yang digunakan.

Untuk penulisan Tugas Akhir kali ini yang diperhitungkan hanyalah beban torsi yang terjadi saat pemboran. Selanjutnya besarnya beban torsi yang terjadi saat pemboran dibandingkan dengan kekuatan torsi dari *drill pipe*. Dimana sebelumnya parameter-parameter kekuatan dan beban torsi *drill pipe* dirubah dalam variabel-variabel analisa keandalan.



Beban torsi dapat ditentukan dengan menjumlahkan beban torsi yang terjadi di setiap segmen lengkungan. Persamaan yang digunakan dalam menghitung besarnya torsi pada setiap segmen lengkungan adalah (Johanscik, 1984):

- Untuk lubang miring (TSA) :

$$T = \frac{OD \cdot W_m \cdot L \cdot \mu}{24} \sin \phi \quad (2.8)$$

- Untuk lubang lurus :

$$TV = \frac{1}{24} OD \cdot W_m \cdot L \cdot \mu \quad (2.9)$$

dimana :

T : Torsi pada lintasan lengkung (lb-ft)

TV : Torsi pada lintasan lurus (lb-ft)

L : Panjang pipa (ft)

$\mu$  : Koefisien gesekan

$\phi$  : Sudut kemiringan lintasan (derajat)

Penentuan torsi pada bagian pertambahan sudut didapat dari penurunan persamaan-persamaan sebagai berikut (Schuh, 1991) :

$$\Delta T = \mu \frac{D}{2} ABS \left[ \frac{F}{R} + w \cdot \cos I \right] \Delta \ell \quad (2.10)$$

$$F = F_o - w \cdot \sin I \cdot R \quad (2.11)$$

Kombinasi persamaan

$$\Delta T = \mu \frac{D}{2} ABS \left[ \frac{F_o}{R} - w \sin I = w \cos I \right] \Delta \ell \quad (2.12)$$

untuk a circular build arc :

$$\Delta \ell = R \cdot \Delta I$$

$$\frac{\Delta T}{\mu \cdot D \cdot w \cdot R} = \frac{1}{2} \text{ABS} \left[ \frac{F_o}{w \cdot R} - \sin I + \cos I \right] \Delta I \quad (2.13)$$

$$\frac{T}{\mu \cdot D \cdot w \cdot R} = \sum_{I=0}^{I=\pi/2} \frac{1}{2} \text{ABS} \left[ \frac{F_o}{w \cdot R} - \sin I + \cos I \right] \Delta I \quad (2.14)$$

di dalam pemboran  $F_o = \text{WOB}$ , sehingga persamaan di atas menjadi :

- Untuk  $\text{WOB} < W_m \cdot R \cdot \mu$

$$\text{TB} = \frac{1}{24} \text{OD} \cdot W_m \cdot \mu \quad (2.15)$$

- Untuk  $\text{WOB} > W_m \cdot R \cdot \mu$

$$\text{TB} = \frac{1}{48} \text{OD} \cdot W_m \cdot R \cdot \mu + \frac{1}{46} \text{OD} \cdot \text{WOB} \quad (2.16)$$

dimana :

WOB : Berat *bit* (*weight on bit*)

$W_m$  : Berat pipa dalam lumpur (lb-ft)

R : Jari-jari pertambahan sudut (ft)

Untuk menentukan besarnya berat pipa dalam lumpur dipengaruhi oleh penggunaan *spesifik gravity* lumpur yang digunakan. Semakin besar *spesific gravity* yang digunakan, lumpur akan semakin kental. Dan pemilihan *specific gravity* (SG) tergantung pada kondisi tanah yang akan di bor. Karena selain untuk mengangkat *cutting-cutting* pemboran, fungsi lumpur pemboran juga digunakan untuk menahan tekanan formasi tanah. Semakin besar tekanan tanah akan memerlukan SG lumpur yang semakin besar. Namun bila terlalu besar juga

berpengaruh terhadap putaran *drill pipe*. Karena lumpur yang terlalu kental menimbulkan gesekan yang besar.

Persamaan yang digunakan untuk menentukan besarnya berat pipa dalam lumpur sebagai berikut, (Schuh, 1991):

$$W_m = W_a \left( \frac{65,5 - SG}{65,5} \right) \quad (2.17)$$

dimana :

$W_m$  = berat pipa dalam lumpur

$W_a$  = berat pipa di udara

SG = Specivic Gravity

#### 2.4. PANJANG LINTASAN MIRING

Untuk menentukan panjang lintasan pada suatu sumur pemboran memerlukan data-data yaitu data-ata sudut dan jarak titik masuk ke target pada sumbu horisontal pada suatu proses pemboran di suatu lokasi. Panjang lintasan suatu sumur pemboran dapat diketahui dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Mc William, 1990):

$$X_2 - X_1 = \left| \frac{(L_2 - L_1)(\cos \phi_1 - \cos \phi_2)(\sin \theta_2 - \sin \theta_1)}{(\phi_2 - \phi_1)(\theta_2 - \theta_1)} \right| \quad (2.18)$$

dimana :

$\theta_1$  = sudut arah lintasan masuk

$\theta_2$  = sudut arah lintasan keluar

$\phi_1$  = sudut masuk kemiringan lintasan





$\phi_2$  = sudut keluar kemiringan lintasan

$(X_2 - X_1)$  = jarak titik masuk ke titik keluar

$(L_2 - L_1)$  = panjang lintasan

## 2.5. RADIUS OF CURVATURE

Didalam perencanaan suatu pemboran direksional, lubang bor yang direncanakan dibuat pada suatu bidang datar dengan sudut arah dan perubahan sudut kemiringan tertentu. Tetapi lubang bor tidak selama sesuai dengan yang direncanakan. Karena pengaruh formasi tanah dan atau mekanis, sudut kemiringan maupun sudut arah lubang bor dapat berubah-ubah menyimpang dari yang direncanakan. Sehingga dalam kegiatan pemboran, setelah melakukan pemboran pada kedalaman tertentu dilakukan pengukuran sudut kemiringan dan arahnya (dilakukan *survey*). Bila terjadi penyimpangan, lubang bor diarahkan kembali sesuai dengan yang ditetapkan semula.

Untuk melakukan survey, ada tiga survey yang dapat dilakukan pada *directional drilling* yaitu :

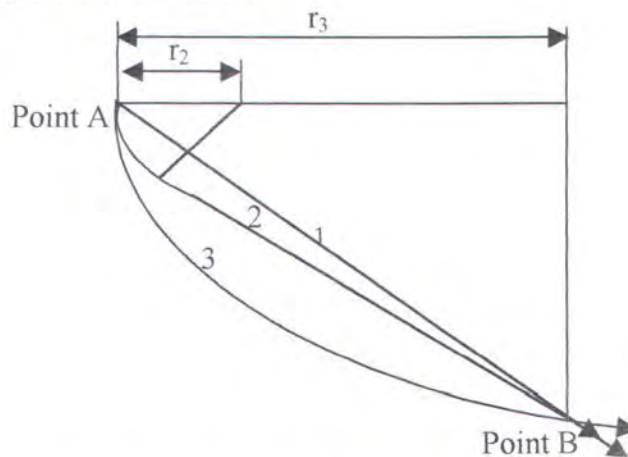
1. Metode *Tangensial*.
2. Metode sudut rata-rata.
3. Metode *Radius of Curvature*.

Dalam penulisan ini digunakan metode survey *Radius of Curvature*.

Metode survey *Radius of Curvature* diperkenalkan oleh WILSON.G.J tahun 1968, yang merupakan perbaikan metode *Tangensial*. Segmen lintasan bor dianggap sebagai busur suatu lingkaran yang menyinggung di titik awal dan akhir

lintasan yang mempunyai arah dan sudut pemboran tertentu. Dalam suatu pemboran tertentu, penggunaan alat-alat pembelok seperti *turbo drill* dan *dyne drill* dapat menghasilkan lintasan pemboran dengan belokan yang kontinyu (*smooth*). Sehingga lebih tepat bila segmen-segmen lintasan bor dianggap berupa busur suatu lingkaran.

Metode *Radius of Curvature* ini diawali pada *Kick of Point* (KOP) hingga ke target yang ditelah ditentukan.



Gambar 2.2 *Radius of Curvature* (Mc William, 1990)

Persamaan yang digunakan adalah (Mc William, 1990):

$$a = \sqrt{\left(\frac{\theta_2 - \theta_1}{\Delta L}\right)^2 \sin^2\left(\frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2}\right) + \left(\frac{\varphi - \varphi_1}{\Delta L}\right)^2} \quad (2.19)$$

jika pada kurva pemborannya dilihat secara vertikal, dimana  $\Delta\theta = 0$  maka

$$a = \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{\Delta L} \quad (2.20)$$

Jika pada kurva pemboran dilihat secara horisontal, dimana  $\phi_1 = \phi_2 = 90^\circ$

maka

$$a = \frac{\phi_2 - \phi_1}{\Delta L} \quad (2.21)$$

*Curvature* yang sesuai dengan *Dogleg Severity* pemboran :

$$a = \frac{\pi \cdot \text{DLS}}{18000} \quad (2.22)$$

maka *Radius of Curvature* diperoleh :

$$R = \frac{1}{a} = \frac{18000}{\pi \cdot \text{DLS}} \quad (2.23)$$

Dimana :

$a$  = Kurva pemboran (rad/m)

DLS = *Dogleg Severity* (degree/100 m)

$R$  = *Radius of Curvature*

## 2.6. KECEPATAN PUTAR KRITIK

Kecepatan putar kritik *drill pipe* mengakibatkan melengkungnya *drill pipe*, keausan, *fatigue failure*, dan lain-lain. Kecepatan putar kritik bervariasi terhadap panjang dan ukuran *drill pipe* dan ukuran lubang. Persamaan untuk menentukan kecepatan putar kritik sampai terjasinya vibrasi longitudinal :

$$\text{RPM} = \frac{258000}{L} \quad (2.24)$$

dimana :  $L$  = panjang total *drill string* (ft)

Vibrasi yang lebih tinggi terjadi pada kecepatan putar yang besarnya 4,9,16,25,36,... Kali lipat dari persamaan di atas.

$$\text{RPM} = \frac{476000}{l^2} (\text{OD}^2 + \text{ID}^2)^{\frac{1}{2}} \quad (2.25)$$

dimana :

$l$  = panjang satu *joint drill pipe* (in)



OD = diameter luar *drill pipe* (in)

ID = diameter dalam *drill pipe* (in)

## **2.7. KONSEP ANALISA KEANDALAN**

### **2.7.1. Umum**

Dalam perancangan suatu struktur, banyak dijumpai adanya besaran-besaran yang menimbulkan variabilitas. Variabilitas besaran seperti beban, sifat material, dimensi panjang, lebar, tebal, dimensi dan sebagainya menunjukkan adanya kepastian dan ketidakpastian. Asumsi dan batasan masalah yang dipakai dapat mengurangi tingkat ketidakpastian. Adanya ketidakpastian-ketidakpastian akan menyebabkan peluang terjadinya kegagalan suatu struktur. Analisa keandalan menitikberatkan pada perlakuan dan pemilihan ketidakpastian secara rasional dan juga menyangkut masalah pengambilan keputusan yang rasional (Budiyo, 1998).

Keandalan suatu struktur adalah peluang suatu sistem/unit/komponen untuk memenuhi tugas yang telah ditetapkan tanpa mengalami kegagalan selama kurun waktu tertentu apabila dioperasikan dengan benar dalam lingkungan tertentu (Rosyid, 1996). Dalam arti sempit keandalan merupakan probabilitas suatu sistem untuk tidak mencapai keadaan margin atau batas keselamatan dari suatu fungsi kerja yang memuat dua atau lebih moda kegagalan yang telah ditentukan.

Banyak lembaga, dan peneliti telah memberikan pengertian tentang keandalan yang memakai kata-kata yang serupa dan efektif mempunyai arti yang sama. Di dalam pengertian keandalan, ada beberapa kata-kata yang perlu

diperhatikan yaitu : peluang, komponen/perangkat/sistem, tugas, kegagalan, dioperasikan dengan benar, dan lingkungan.

- *Peluang* : kejadian (event), “kesempatan”.
- *Komponen/perangkat/sistem* : pendefinisian obyek penting untuk pengambilan keputusan.
- *Tugas* : tugas yang lebih berat menyebabkan sistem terbebani lebih besar.
- *Kegagalan* : definisi kegagalan berbeda untuk sistem yang berbeda.
- *Dioperasikan dengan benar* : spesifikasi suatu sistem menjadi batas penggunaan sistem tersebut.
- *Lingkungan* : lingkungan yang lebih berat menyebabkan peluang kegagalan lebih besar.

### 2.7.2. Konsep Ketidakpastian

Setiap kejadian mempunyai peluang terjadinya kejadian tersebut yang dapat dimasukkan ke dalam range antara 0 sampai 1 (O’connor, 1991). Jika peluang terjadinya suatu kejadian sama dengan 0, artinya kejadian tersebut tidak akan pernah terjadi. Sebaliknya peluang terjadinya sama dengan 1, kejadian tersebut pasti terjadi. Jika N kali percobaan terjadi n kali mengalami kerusakan, maka peluang terjadinya kerusakan dapat ditulis dalam persamaan sebagai berikut (Ramakumar, 1993) :

$$P_g = \frac{n}{N} \quad (2.26)$$

Dimana  $p_g$  adalah peluang terjadinya kegagalan yang merupakan nilai estimasi dan bukan merupakan nilai yang benar (Exact). Nilai exact dari peluang tersebut adalah sebagai berikut :

$$P_g = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{n}{N} \quad (2.27)$$

Sedang peluang keberhasilannya (keandalannya) dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$K = 1 - P_g \quad (2.28)$$

Ketidakpastian juga dapat menyebabkan suatu peluang, peluang keberhasilan. Pada suatu saat timbul besaran yang lebih kecil dari besaran rata-rata dan di saat lain suatu besaran mempunyai nilai lebih besar dari besaran rata-rata. Untuk menghitung ketidakpastian pada struktur perlu didefinisikan perubah dasarnya (basic variable). Perubah dasar adalah besaran dasar dengan sifat-sifat probalistik, seperti sifat mekanik material, dimensi, berat, beban, beban lingkungan dan sebagainya. Dalam analisa keandalan, ketidakpastian-ketidakpastian tersebut dibagi menjadi tiga bagian, yaitu (Thoft-Cristensen dan Murotsu, 1986) :

1. Ketidakpastian fisik.

Merupakan ketidakpastian yang berhubungan dengan variabilitas fisik, seperti besaran-besaran beban, sifat dan dimensi material. Keragaman fisik ini hanya bisa dinyatakan dalam data sampel, dengan pertimbangan praktis dan ekonomis, dan dapat dikurangi dengan penerapan teknik pengendali mutu atau operasi.



2. Ketidakpastian statistik.

Merupakan yang berhubungan dengan data yang dipakai untuk membuat model secara probabilistik dari berbagai macam keragaman fisik di atas, seperti rentang, harga rata-rata maupun simpangan baku. Data tersebut harus ditentukan jenis distribusi probabilitasnya serta harga parameter-parameter. Parameter-parameter tersebut dengan sendirinya dapat dianggap sebagai perubah acak. Ketidakpastian statistik ini dapat dikurangi dengan memperbesar jumlah sampel besaran.

3. Ketidakpastian model.

Merupakan ketidakpastian yang ditimbulkan oleh hubungan antara berbagai besaran sebuah gejala yang umumnya dapat dipahami melalui sebuah model tertentu yang dapat dianggap mewakili gejala besaran. Dalam menyusun model hubungan ini dipakai berbagai anggapan yang dapat dinyatakan secara implisit pada umumnya merupakan penyederhanaan dari interaksi yang sebenarnya terjadi dalam gejala tadi.

**2.7.3. Penggunaan Metode Kandalan Pada *Drill Pipe*.**

*Drill pipe* pada pemboran direksional merupakan salah satu struktur yang penting. *Drill pipe* dalam operasionalnya selalu berputar berotasi untuk menembus lapisan tanah yang nantinya membentuk suatu sumur tertentu. Karena selalu berputar, *drill pipe* mengalami beban torsi selain beban tarik dan tekan. Beban torsi akan mencapai titik kritis bila *drill pipe* telah sampai pada fase

pembelokan. Adanya beban torsi yang terjadi memungkinkan *drill pipe* mengalami kerusakan dan akan menimbulkan suatu kegagalan.

1. Metode Mean Value First Order Second Moment (MVFOSM).

Metode ini dipakai untuk memperkirakan keandalan komponen yang tidak dibuat secara massal. Artinya keandalan komponen tidak diperoleh secara *reliability life-testing*, namun diperkirakan langsung dengan memperhatikan fungsi kerapatan peluang perubah-perubah acak yang mengatur perilaku kegagalan komponen tersebut. Metode ini lazim dipakai dalam analisa keandalan struktural, efek pembebanan dan kekuatan (komponen) struktur yang dinyatakan dalam sebuah fungsi kerja komponen diperlukan sebagai perubah-perubah acak (Rosyid, 1996).

Dalam metode ini, masukan diperlukan dalam perhitungan adalah harga rata-rata (*mean value* atau *first moment*) dan simpangan baku (*standart deviation*, atau *second moment*) dari perubah-perubah acak tersebut. Jadi distribusi atau fungsi kerapatan peluang fkp perubah-perubah tersebut tidak diperlukan secara langsung.

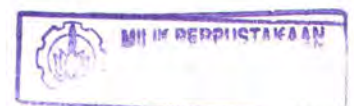
Probabilitas kegagalan dalam metode ini dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Rosyid, 1996) :

$$P_g = \Phi(-\beta) \quad (2.29)$$

$$\beta = \frac{\mu_{FK}}{\sigma_{FK}} \quad (2.30)$$

Dimana :

$\beta$  : Indeks keandalan



$\mu_{FK}$  : Harga rata-rata dari  $X_i$

$\sigma_{FK}$  : Simpangan kumulatif peluang normal

Jika fungsi kerja non-linier, maka  $FK(X)$  dapat dilinierkan dengan ekspansi Taylor pada sebuah titik  $x_0$ , sehingga memperoleh bentuk sebagai berikut (Rosyid, 1996) :

$$FK(X) = FK(X_0) + \sum_{i=1}^n \frac{\delta FK}{\delta X_i} (X_i - X_0) \quad (2.31)$$

sedangkan harga pendekatan untuk  $\mu_{FK}$  dan  $\sigma_{FK}$  adalah sebagai berikut (Rosyid, 1996) :

$$\mu_{FK} = FK(X) = FK(X_0) + \sum_{i=1}^n \frac{\delta FK}{\delta X_i} (\mu_{xi} - X_0) \quad (2.32)$$

$$\sigma_{FK}^2 = \sum \sum \frac{\delta FK}{\delta X_i} \frac{\delta FK}{\delta X_j} Cov[X_i, X_j] \quad (2.33)$$

sampai di sini perlu dicatat bahwa indeks keandalan yang di hitung dengan persamaan di atas dengan menggunakan  $\mu_{xi}$  memiliki makna yang berbeda dengan yang dihitung dengan persamaan sebelumnya.

## 2. Metode Advanced First Order Second Moment (AFOSM)

Metode *Mean Value First Order Second Moment* (MVFOSM) memiliki kelemahan pokok, yaitu :

1. Terdapat ketidakpastian pada titik linieriasi yang harus dipilih.



2. Bila fungsi kerja  $FK(X)$  ditulis secara berbeda (namun secara matematis ekuivalen) untuk moda kegagalan yang sama, akan diperoleh indeks keandalan  $\beta$  yang berbeda.

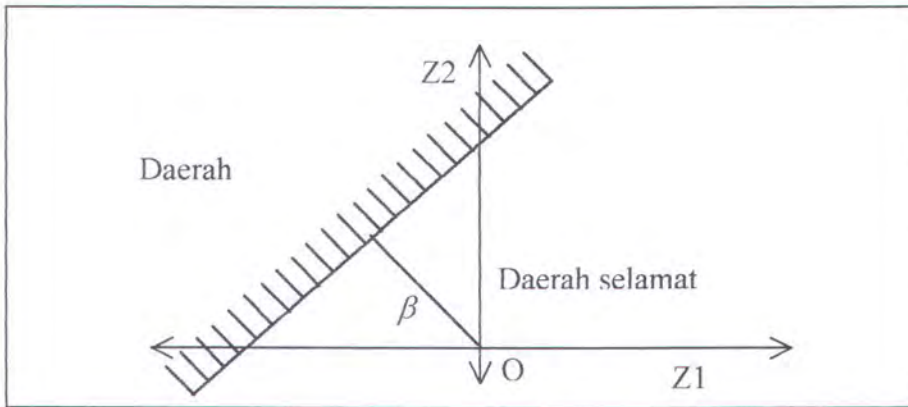
Untuk mengatasi persoalan tersebut, Hosafer dan Lind menguji metode AFSOM. Merupakan suatu metode keandalan yang dikembangkan berdasarkan fungsi kerja yang linier.

Metode keandalan ini digunakan untuk memprediksi langsung dengan memperhatikan karakteristik statistik perubah-perubah acak yang mengatur perilaku kegagalan komponen tersebut. Metode ini sering digunakan dalam analisa keandalan struktur, efek pembebanan dan kekuatan komponen struktur yang dinyatakan dalam sebuah fungsi kerja  $FK(X)$  sebagai perubah acak.

Sebagai halnya dengan MVFOSM, metode ini juga membutuhkan beberapa masukan dari perubah-perubah acak yaitu harga rata-rata (*mean value/first orde*) dan simpangan baku (*second moment*). Metode ini dikembangkan berdasarkan interpretasi geometri atas fungsi kerja  $FK(X)$  yang linier. Apabila semua perubah dasar  $X$  ditransformasikan menjadi perubah dasar baku  $Z$  dengan transformasi sebagai berikut (Rosyid, 1996) :

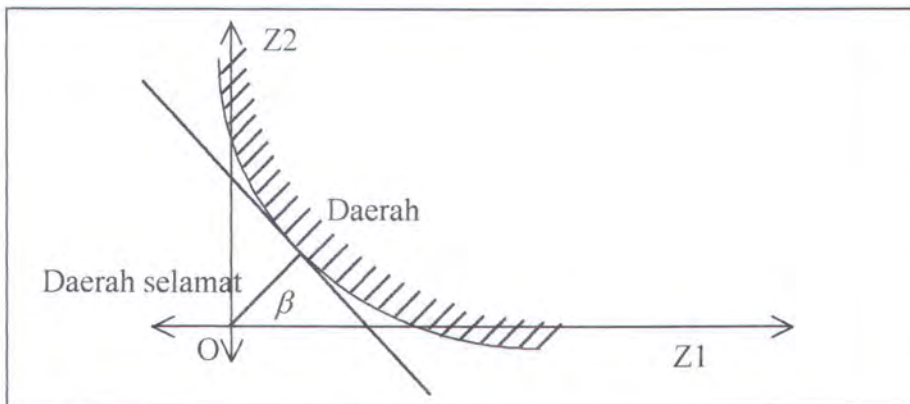
$$Z_i = \frac{X_i - \mu_{xi}}{\sigma_{xi}} \quad (2.34)$$

Maka indeks keandalan  $\beta$  adalah jarak terdekat dari titik original 0 ke bidang kegagalan (*failure surface*).  $FK(X) = 0$ . Interpretasi ini dipakai untuk menentukan titik linierisasi untuk fungsi kerja  $FK(X)$  yang non-linier, apabila semua perubah dasar  $X$  terdistribusi secara normal gaussian.



Gambar2.3 Interpretasi geometri indeks keandalan  $\beta$  (Rosyid, 1996).

Selanjutnya, indeks keandalan  $\beta$  untuk bidang kegagalan MK(x) non linier adalah terdekati dari sebuah bidang singgung atas bidang kegagalan MK(x) ke titik origin O. Hal ini bisa dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.4. Indeks keandalan untuk fungsi kerja non-linier (Rosyid, 1996)

Perhitungan untuk menentukan  $\beta$  apabila FK-nya non-linier harus dilaksanakan secara intensif. (Rosyid,1996) :

$$FK(\beta\alpha_1, \beta\alpha_2, \dots, \beta\alpha_n) = 0 \quad (2.35)$$

$$\alpha_1 = -\frac{1}{k} \frac{\delta(FK)}{\delta Z_1}(\beta\alpha), I = 1,2,3,\dots,n \quad (2.36)$$

$$k = \left[ \sum_{i=1}^n \left( \frac{\beta(FK)}{\delta Z_i}(\beta\alpha) \right)^2 \right]^{0.5} \quad (2.37)$$

dimana :

$\beta$  = indeks keandalan

$\alpha$  = vektor normal yang tegak lurus terhadap bidang singgung titik A pada mode kegagalan  $FK(Z) = 0$

$Z_1$  =  $\beta\alpha_i$ , jarak titik 0 ke A

K = resultan panjang vektor satuan yang dipakai sebagai pembagi untuk memperoleh vektor satuan pada arah  $Z_1$ .

### 3. Simulasi Monte Carlo

Secara umum, simulasi adalah sebuah cara untuk mengadakan eksperimen di laboratorium atau pada komputer digital dengan tujuan untuk memodelkan perilaku dari suatu sistem. Biasanya model simulasi menghasilkan data simulasi yang harus dianalisa secara sistematis untuk memprediksi perilaku sistem pada waktu mendatang.

Metode Monte Carlo mempunyai 3 langkah dasar (Rosyid D.M dan Setyawan D,1999) :

1. Pensimulasian perubah-perubah random dan pembangkitan beberapa data sampel dengan menggunakan teknik sampling statistik.
2. Solusi dengan menggunakan data sampel.



### 3. Analisa secara statistik dari hasil-hasil tersebut.

Hasil dari teknik ini tergantung banyaknya sampel yang dipakai, maka kesalahan sampling sangat bersifat subyektif dan tidak dapat ditentukan secara eksak.

Bila ditinjau dari sifat fungsi kerjanya, simulasi Monte Carlo merupakan alternatif metode yang bermanfaat. Metode AFOSM akan berfungsi bila fungsi kerja  $FK(X)$  linier atau sedikit non-linier. Apabila  $FK(X)$  sangat non-linier, maka simulasi Monte Carlo ini dapat digunakan sebagai pemecahannya. Dalam menyelesaikan persoalan yang ada, metode ini menggunakan sistem persamaan simultan yang disebut *Random Number Generator* (RNG).

Gagasan dasar metode Monte Carlo adalah sampling numerik dengan bantuan RNG. Persoalan utama adalah bagaimana mentransformasikan angka acak yang dikeluarkan oleh RNG menjadi besaran fisis yang sesuai dengan fungsi kerapatan peluang (FKP)-nya. Ini disebabkan karena angka acak yang dikeluarkan oleh RNG memiliki FKP *uniform*, sedangkan perubah dasarnya sering kali tidak demikian.

RNG yang disediakan ini hampir selalu berbentuk linier *congruential generator* yang mengeluarkan suatu deretan bilangan cacah (*integer*)  $I_1, I_2, I_3, \dots$ , masing-masing antara 0 dan  $m+1$  dengan menggunakan sebuah relasi rekurens sebagai berikut :

$$I_{j+1} = a.I_j + c(\text{mod } m) \quad (2.38)$$

dimana :

$m$  = Modulasi

a dan c = Bilangan cacah (*integer*) yang berturut-turut disebut sebagai pengganda dan inkremen

Relasi rekurensi tersebut akan berulang dengan periode yang lebih kecil dari m. Jika m, a, c dipilih secara seksama, maka periode ulang yang terjadi akan memiliki panjang maksimum yaitu m. Dalam hal ini, semua bilangan cacah (*integer*) antara 0 dan m-1 akan muncul, sehingga setiap pilihan “bijih  $I_0$ ” akan menghasilkan deret yang sama baiknya.

Pada umumnya terdapat pedoman bahwa simulasi Monte Carlo tersebut dapat dipakai sebagai alternatif terakhir. Apabila (X) linier atau sedikit non-linier, maka dianjurkan untuk menggunakan AFOSM. Apabila perhitungan FK(X) dapat dilakukan dengan cukup sederhana, maka simulasi Monte Carlo dapat dipakai dengan cukup efektif.

## 2.8. MODA KEGAGALAN

Dengan mempertimbangkan besarnya torsi yang terjadi pada *drill pipe* dalam pemboran direksional, maka moda kegagalan adalah sebagai berikut :

$$MK(Z) = T - (TV + TB)$$

$$= \frac{0,0962}{OD} \left[ Y - \left( \frac{T_e}{A} \right)^2 \right]^{0.5} - \left[ \frac{1}{48} OD \cdot W_m \cdot R \cdot \mu + \frac{1}{46} OD \cdot WOB \right] \quad (2.39)$$

Dimana :

T : Torsi minimum pada kondisi tertarik (psi.in)

TV : Torsi pada bagian vertikal (psi.in)

TB : Torsi pada pertambahan sudut (psi. in)

- I : *Momen inersia polar* ( $\text{in}^4$ )
- OD : *Outside Diameter* (in)
- Y : *Minimum Yield Strength* (psi)
- T<sub>e</sub> : *Beban tarik* (lb)
- A : *Luas penampang pipa* ( $\text{in}^2$ )
- W<sub>m</sub> : *Berat pipa dalam lumpur* (lb/in)
- R : *Radius of Curvature* (in)
- μ : *Koefisien gesekan*
- WOB : *Weight on Bit* (lb)





### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

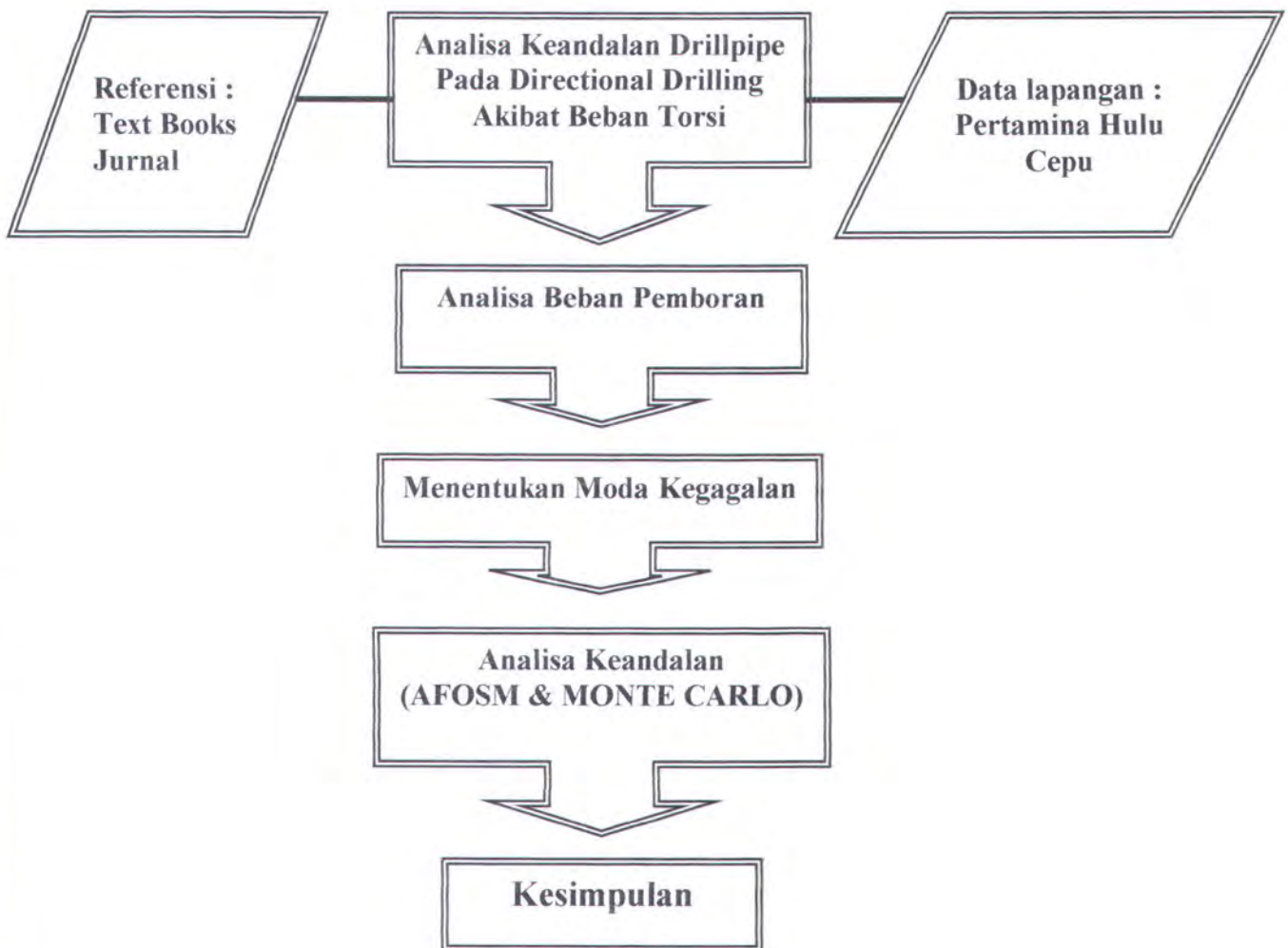
*" Akal hanya dapat membawa manusia kepada pengetahuan argumentatif (al-'ilm al-burhani'), sedangkan intuisi (al-dzawq) dapat menghasilkan pengetahuan yang betul-betul diyakini (al-'ilm al-yaqini)". (Al Ghazali)*

### BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. DIAGRAM ALIR

Adapun urutan kegiatan atau diagram alir dari penulisan tugas akhir ini, adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1. Diagram Alir Metodologi



### 3.2. METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penulisan tugas akhir adalah sebagai berikut :

1. Studi Literatur.

Studi literatur dilakukan untuk lebih memahami masalah yang diangkat sebagai tema penulisan tugas akhir. Studi literatur yang dilakukan berupa pengertian dan cara kerja proses pemboran dan tentang teori keandalan (*reliability*). Studi literatur diutamakan untuk jenis pemboran *directional* (terarah) dengan menitikberatkan beban yang terjadi adalah beban torsi, dan analisa keandalan dengan penggunaan metode AFOSM dan metode Monte Carlo.

2. Pengambilan Data.

Untuk menyelesaikan penulisan tugas akhir, data yang diperlukan diperoleh dari PERTAMINA HULU Divisi Bor Cepu, yang merupakan data sumur eksplorasi di daerah Kedung Tuban Cepu. Data yang diperoleh adalah data harian pemboran.

3. Analisa Data

Analisa data dilakukan dengan mengambil data-data harian pemboran yang didasarkan pada literatur. Berdasarkan data-data yang diperoleh, maka dapat ditentukan besarnya kekuatan *drill pipe* untuk menahan beban torsi (T) dan beban torsi yang terjadi pada proses pemboran *directional* (TV + TB). Kegagalan suatu struktur terjadi apabila harga T sama dengan atau kurang dari (TV + TB) sehingga *drill pipe* akan patah. Ketiga harga



tersebut ( $T$ ,  $TV$  dan  $TB$ ) digunakan sebagai parameter untuk menentukan moda kegagalannya yang selanjutnya dapat diketahui peluang keandalannya, dimana analisa keandalannya menggunakan metode AFOSM dan simulasi Monte Carlo.

### **3.3. METODE ANALISA**

Metode Yang digunakan dalam analisa ini adalah :

#### **1. Metode AFOSM**

Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Menentukan perubah dasar  $X$ .
  2. Mentransformasikan perubah dasar tersebut menjadi perubah dasar baku  $Z$  dengan menggunakan persamaan 2.34
  3. Menentukan moda kegagalan sebagai fungsi dari  $\alpha$  dan  $\beta$ .
  4. Menentukan nilai awal dari  $\alpha$  dan  $\beta$ .
  5. Melakukan iterasi untuk menentukan harga  $\alpha$  dan  $\beta$  yang konvergen.
- #### **2. Simulasi Monte Carlo**

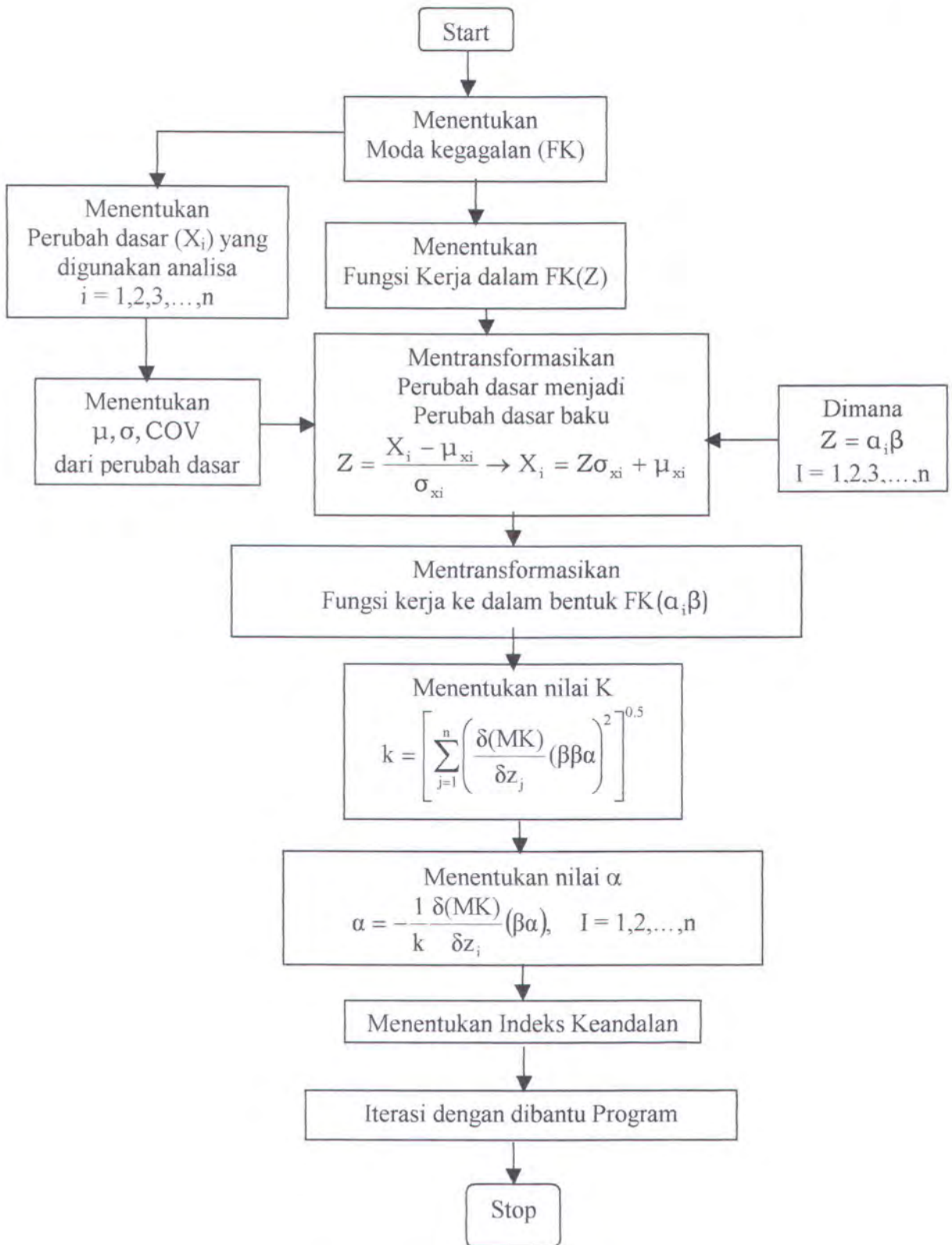
Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Menentukan beberapa sampel untuk setiap  $X_i$  dari sebuah populasi  $x_i$ .
2. Memasukkan sampel tersebut kedalam persamaan fungsi kerja  $FK(X)$  dan menghitung harga  $FK(X)$ .
3. Mencatat setiap kejadian yang memenuhi  $FK(X) < 0$ , yaitu sistem/komponen yang ditinjau mengalami kegagalan.

4. Menentukan peluang kegagalan dengan menggunakan persamaan berikut

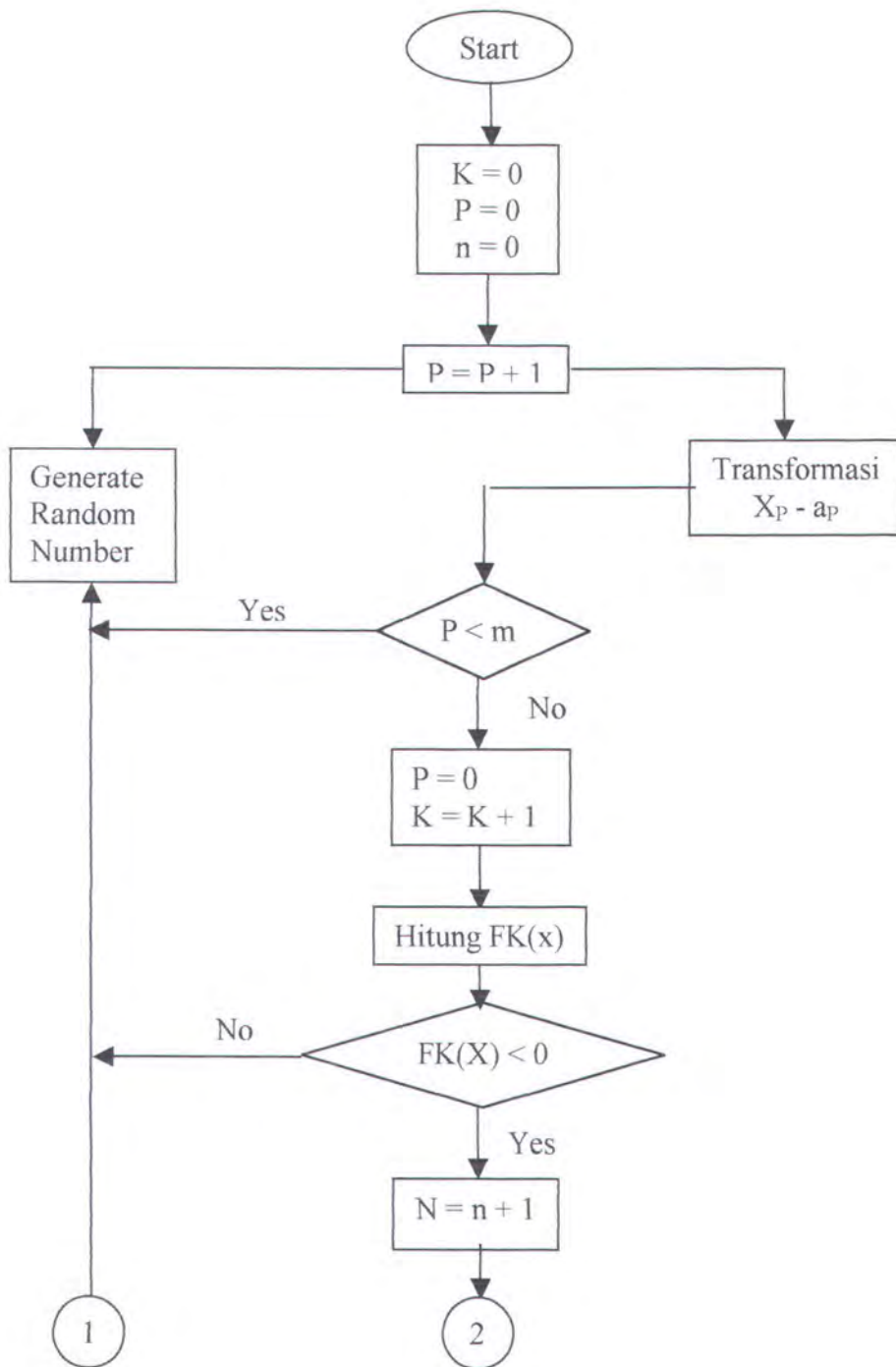
(Rosyid, 1996) :

$$P_g = \frac{n}{N}$$

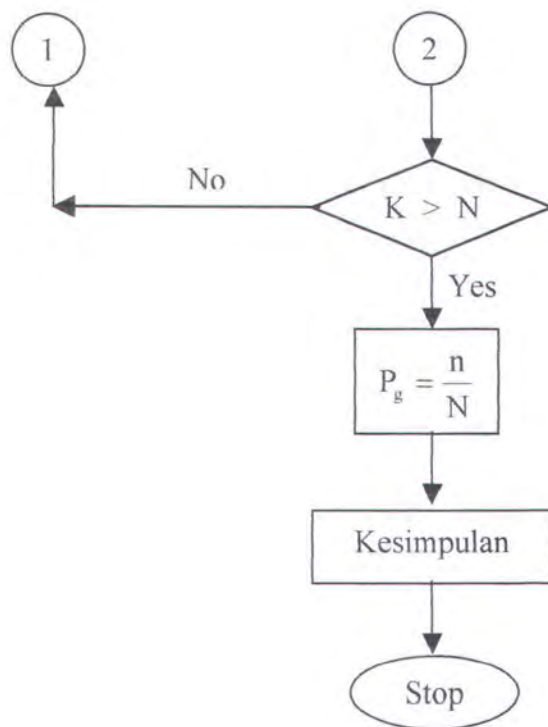


Gambar 3.2 Flowchart AFOSM





Gambar 3.3 Diagram alir untuk Simulasi Monte Carlo (Rosyid, 1996)



Gambar 3.3 Diagram alir untuk Simulasi Monte Carlo (lanjutan)

Keterangan :

- K = Penghitung (counter) jumlah eksperimen atau sampling
- m = Jumlah perubah acak dalam FK(X)
- P = Indeks untuk perubah dasar ke  $X_p$
- n = Penghitung untuk  $FK(X) < 0$
- N = Jumlah eksperimen maksimum yang akan dilakukan



## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

*"..... Dia mengetahui apa-apa yang dihadapan mereka dan apa-apa yang dibelakang mereka. Mereka tiada mengetahui suatu pengetahuan melainkan dengan kehendaknya.....(QS. Al-Baqarah : 255).*



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 DATA LAPANGAN

Data yang didapat dari sumur KTB-A Pertamina Operasi Cepu adalah sebagai berikut :

- Tipe Pemboran : *Directional Drilling*

#### **Drill Pipe**

- Material : Steel Grade E
- OD = 4.5 in
- ID = 3.83 in
- $W_a = 16,6 \text{ lb/ft}$
- Panjang *Drill Pipe* : 9,5 m

#### 4.2 PERHITUNGAN BEBAN TORSI

Perhitungan besarnya beban torsi yang terjadi pada *drill pipe* dalam pemboran direksional dilakukan pada pemboran di daerah Kedung Tuban Cepu. Data-data yang digunakan dalam perhitungan diambil dari Data Harian Pemboran. Adapun data-data tersebut adalah sebagai berikut :

- Kick of Point = 2362 m  
= 92992 in
- SG = 1.7 lb/in
- DLS =  $2,25^0 / 30 \text{ m}$

$$\text{- WOB} = 20000 \text{ lb}$$

Perhitungan beban torsi pada saat pemboran dilakukan pada dua fase pemboran, yaitu pada *vertical drilling* dan pada bagian pertambahan sudut.

### 1. *Vertical drilling*

Perhitungan besarnya beban torsi mulai dari titik pemboran sampai dengan *Kick of Point* dimana pemboran dilakukan dengan cara lurus tanpa ada pertambahan sudut. Perhitungan didasarkan pada persamaan 2.9.

$$TV = \frac{1}{24} OD \cdot W_m \cdot L \cdot \mu$$

dimana :

$$W_m = W_a \left( \frac{65,5 - SG}{65,5} \right)$$

$$= 16,6 \left( \frac{65,5 - 1,7}{65,5} \right)$$

$$= 16,17 \text{ lb/ft}$$

$$= 1,375 \text{ lb/in}$$

$$TV = \frac{1}{24} 4,5 \cdot 1,375 \cdot 92992 \cdot 0,33$$

$$= 7991,75 \text{ psi.in}$$

### 2. *Bagian pertambahan sudut*

Perhitungan besarnya beban torsi mulai dari *Kick of Point* (KOP) sampai dengan *end of curve* (EOC) dimana terjadi pertambahan sudut dengan menggunakan *dogleg severity* tertentu. Perhitungan pada bagian pertambahan sudut didasarkan pada persamaan 2.16.

$$TB = \frac{1}{48} OD \cdot W_m \cdot R \cdot \mu + \frac{1}{46} OD \cdot WOB$$

dimana :

$$R = \frac{18000}{\pi \cdot T}$$

$$= \frac{18000}{\pi \cdot 7,5}$$

$$= 764,33 \text{ m}$$

$$= 30121,84 \text{ in}$$

$$TB = \frac{1}{48} 4,5 \cdot 1,375 \cdot 30121,84 \cdot 0,33 + \frac{1}{46} 4,5 \cdot 20000$$

$$= 12181,355 + 1956,522$$

$$= 14137,877 \text{ psi in}$$

♦ Beban torsi secara keseluruhan

$$T_T = T_V + T_B$$

$$= 7991,75 + 14137,877$$

$$= 22129,627 \text{ psi.in}$$



#### 4.3 PENENTUAN MODA KEGAGALAN DRILL PIPE

Sebelum dilakukan penentuan moda kegagalan, terlebih dahulu ditentukan kekuatan torsi *drill pipe* dan beban torsi yang terjadi selama pemboran. Kekuatan *drill pipe* untuk menahan beban torsi yang terjadi pada kondisi tarik (*Torsional Strength*), ditentukan oleh besarnya diameter luar, diameter dalam, *yield strength* dan beban tarik. Untuk menentukan besarnya *yield strength* dan beban tarik



didasarkan pada Tabel *Yield Strenght* dan *Tensile Data* di lampiran. Persamaan yang digunakan adalah persamaan 2.6. Beban torsi merupakan jumlah dari beban torsi pada *vertical drilling* dan pada bagian pertambahan sudut. Sedangkan besarnya beban torsi yang terjadi selama pemboran dipengaruhi oleh *kick of point* (KOP), berat pipa dalam lumpur, *radius of curvature*, koefisien gesek, dan *Weight on Bit* (WOB). Persamaan untuk beban torsi adalah persamaan 2.9 dan 2.16.

♦ Momen Inersia :

$$\begin{aligned} I &= \frac{\pi(OD^4 - ID^4)}{32} \\ &= \frac{3.14(4.5^4 - 3.8^4)}{4} \\ &= 19.123 \text{ in}^4 \end{aligned}$$

♦ Luas penampang *drill pipe*

$$\begin{aligned} A &= \frac{\pi(OD^2 - ID^2)}{4} \\ &= \frac{3.14(4.5^2 - 3.8^2)}{4} \\ &= 4.38 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

♦ Moda kegagalan *drill pipe* :

$$MK(Z) = \frac{0,0962}{OD} I \left[ Y^2 - \left( \frac{T_e}{A} \right)^2 \right]^{0.5} - \left[ 7991.75 + \frac{OD \cdot W_m \cdot R \cdot \mu}{48} + \frac{OD \cdot WOB}{46} \right]$$

$$= \frac{0,0962}{4,5} 19,123 \left[ Y^2 - \left( \frac{T_e}{4,38} \right)^2 \right]^{0,5} - \left[ 7991.75 + \frac{4,5.W_m.R.\mu}{48} + \frac{4,5.WOB}{46} \right]$$

$$= 0,41 \left[ Y^2 - 0,05 T_e^2 \right]^{0,5} - [7991.75 + 0,094.W_m.R.\mu + 0,098.WOB]$$

dimana :

Y = Yield strength

T<sub>e</sub> = Beban tarik

W<sub>m</sub> = Berat pipa dalam lumpur

R = Radius of curvature

μ = Koefisien gesek

WOB = Weight on bit

#### 4.4 ANALISA KEANDALAN STRUKTUR

Sebelum dilakukan analisa, terlebih dahulu dilakukan penentuan komponen-komponen yang diperlukan. Komponen-komponen tersebut adalah penentuan σ, Z<sub>i</sub>, α, k dan β.

♦ Penentuan σ untuk perubah acak dengan menggunakan persamaan :

$$\sigma = \mu . COV$$

Dimana :

σ = Varians

μ = Nalai rata-rata

C.O.V = Coeficien of Varian

Nilai C.O.V berbeda-beda untuk setiap perubah acak, tergantung dari nilai sebarannya. Begitu juga dengan nilai  $\sigma$  dan  $\mu$ .

Tabel 4.1. Nilai C.O.V

No	Perubah Acak	C.O.V
1.	<i>Yield strength</i>	5 %
2.	Beban tarik	5 %
3.	Berat pipa dalam lumpur	20 %
4.	<i>Radius of curvature</i>	20 %
5.	Koefisien gesek	5%
6.	<i>Weight on bit</i>	20 %

Tabel 4.2. Nilai  $\sigma$  dan  $\mu$ . untuk masing-masing perubah acak

No	Yield Strength (psi)		Beban Tarik (lb)		Berat pipa dlm Lumpur (lb/in)	
	$\mu$ .	$\sigma$	$\mu$ .	$\sigma$	$\mu$ .	$\sigma$
1.	40091	2004,55	120035	6001,75	0,75	0,15
2.	40500	2025	122000	6100	1	0,2
3.	40908	2045,4	123520	6176	1,375	0,275
4.	41500	2075	126000	6300	1,6	0,32
5.	42147	2107,35	129730	6486,5	2	0,4



No	Radius of curvature (in)		Koefisien gesek		Weight on bit (lb)	
	$\mu.$	$\sigma$	$\mu.$	$\sigma$	$\mu.$	$\sigma$
1.	22591,38	4518,276	0,25	0,0125	10000	2000
2.	27109,66	5421,932	0,3	0,015	15000	3000
3.	30121,84	6024,368	0,33	0,0165	20000	4000
4.	38728,08	7745,616	0,35	0,0175	25000	5000
5.	54219,315	10843,863	0,4	0,02	30000	6000

♦ Pementuan  $Z_I$  :

Persamaan umum yang digunakan adalah :

$$Z_i = \frac{X_i - \mu_{xi}}{\sigma_{xi}}$$

Sehingga :

$$\rightarrow Z_Y = \frac{Y - \mu_Y}{\sigma_Y}$$

$$Y = Z_Y \sigma_Y + \mu_Y$$

$$\rightarrow Z_{Te} = \frac{T_e - \mu_{Te}}{\sigma_{Te}}$$

$$T_e = Z_{Te} \sigma_{Te} + \mu_{Te}$$

$$\rightarrow Z_{Wm} = \frac{W_m - \mu_{Wm}}{\sigma_{Wm}}$$

$$W_m = Z_{Wm} \sigma_{Wm} + \mu_{Wm}$$

$$\rightarrow Z_R = \frac{R - \mu_R}{\sigma_R}$$

$$R = Z_R \sigma_R + \mu_R$$

$$\rightarrow Z_\mu = \frac{\mu - \mu_\mu}{\sigma_\mu}$$

$$\mu = Z_\mu \sigma_\mu + \mu_\mu$$

$$\rightarrow Z_{WOB} = \frac{WOB - \mu_{WOB}}{\sigma_{WOB}}$$

$$WOB = Z_{WOB} \sigma_{WOB} + \mu_{WOB}$$

Substitusi kedalam moda kegagalan :

$$\begin{aligned} MK(Z) = 0.41 & \left[ (Z_Y \sigma_Y + \mu_Y)^2 - \frac{1}{19.18} (Z_{Te} \sigma_{Te} + \mu_{Te})^2 \right]^{0.5} \\ & - [7991.75 + 0.094(Z_{Wm} \sigma_{Wm} + \mu_{Wm})(Z_R \sigma_R + \mu_R)(Z_\mu \sigma_\mu + \mu_\mu)] \\ & - 0.098(Z_{WOB} \sigma_{WOB} + \mu_{WOB}) \end{aligned}$$

#### ♦ Penentuan $\alpha$ dan $k$

Didefinisikan bahwa :

$$\alpha_i = -\frac{1}{k} \frac{\partial f}{\partial Z_i} \quad \text{dan} \quad k = \left[ \sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial f}{\partial Z_i} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

Turunan dari moda kegagalan adalah sebagai berikut :

$$\frac{\partial f}{\partial Z_Y} = \frac{0.41 \sigma_Y (Z_Y \sigma_Y + \mu_Y)}{\left[ (Z_Y \sigma_Y + \mu_Y)^2 - 0.05 (Z_{Te} \sigma_{Te} + \mu_{Te})^2 \right]^{0.5}}$$

$$\frac{\partial f}{\partial Z_{Te}} = \frac{-0.02 \sigma_{Te} (Z_{Te} \sigma_{Te} + \mu_{Te})}{\left[ (Z_Y \sigma_Y + \mu_Y)^2 - 0.05 (Z_{Te} \sigma_{Te} + \mu_{Te})^2 \right]^{0.5}}$$

$$\frac{\partial f}{\partial Z_{Wm}} = -0.094 \sigma_{Wm} (Z_R \sigma_R + \mu_R)(Z_\mu \sigma_\mu + \mu_\mu)$$

$$\frac{\partial f}{\partial Z_R} = -0.094\sigma_R (Z_{Wm}\sigma_{Wm} + \mu_{Wm})(Z_{\mu}\sigma_{\mu} + \mu_{\mu})$$

$$\frac{\partial f}{\partial Z_{\mu}} = -0.094\sigma_{\mu} (Z_{Wm}\sigma_{Wm} + \mu_{Wm})(Z_R\sigma_R + \mu_R)$$

$$\frac{\partial f}{\partial Z_{WOB}} = -0.098\sigma_{WOB}$$

Jadi :

$$\alpha_Y = -\frac{1}{k} \left[ \frac{0.41\sigma_Y(\alpha_Y\beta\sigma_Y + \mu_Y)}{[(\alpha_Y\beta\sigma_Y + \mu_Y)^2 - 0.05(\alpha_{Te}\beta\sigma_{Te} + \mu_{Te})^2]^{0.5}} \right]$$

$$\alpha_{Te} = -\frac{1}{k} \left[ \frac{-0.02\sigma_{Te}(Z_{Te}\sigma_{Te} + \mu_{Te})}{[(Z_Y\sigma_Y + \mu_Y) - 0.05(Z_{Te}\sigma_{Te} + \mu_{Te})^2]^{0.5}} \right]$$

$$\alpha_{Wm} = -\frac{1}{k} [-0.094\sigma_{Wm}(\alpha_R\beta\sigma_R + \mu_R)(\alpha_{\mu}\beta\sigma_{\mu} + \mu_{\mu})]$$

$$\alpha_R = -\frac{1}{k} [-0.094\sigma_R(\alpha_{Wm}\beta\sigma_{Wm} + \mu_{Wm})(\alpha_{\mu}\beta\sigma_{\mu} + \mu_{\mu})]$$

$$\alpha_{\mu} = -\frac{1}{k} [-0.094\sigma_{\mu}(\alpha_{Wm}\beta\sigma_{Wm} + \mu_{Wm})(\alpha_R\beta\sigma_R + \mu_R)]$$

$$\alpha_{WOB} = -\frac{1}{k} [-0.098\sigma_{WOB}]$$

♦ Penentuan k

$$k = \left[ \left( \frac{\partial f}{\partial Z_Y} \right)^2 + \left( \frac{\partial f}{\partial Z_{Te}} \right)^2 + \left( \frac{\partial f}{\partial Z_{Wm}} \right)^2 + \left( \frac{\partial f}{\partial Z_R} \right)^2 + \left( \frac{\partial f}{\partial Z_{\mu}} \right)^2 + \left( \frac{\partial f}{\partial Z_{WOB}} \right)^2 \right]^{0.5}$$



$$k = \left[ \left( \frac{0.41\sigma_Y(Z_Y\sigma_Y + \mu_Y)}{\left[ (Z_Y\sigma_Y + \mu_Y)^2 - 0.05(Z_{Te}\sigma_{Te} + \mu_{Te})^2 \right]^{0.5}} \right)^2 + \left( \frac{0.02\sigma_{Te}(Z_{Te}\sigma_{Te} + \mu_{Te})}{\left[ (Z_Y\sigma_Y + \mu_Y)^2 - 0.05(Z_{Te}\sigma_{Te} + \mu_{Te})^2 \right]^{0.5}} \right)^2 + \left[ 0.094\sigma_{Wm}(Z_R\sigma_R + \mu_R)(Z_\mu\sigma_\mu + \mu_\mu) \right]^2 + \left[ 0.094\sigma_R(Z_{Wm}\sigma_{Wm} + \mu_{Wm})(Z_\mu\sigma_\mu + \mu_\mu) \right]^2 + \left[ 0.094\sigma_\mu(Z_{Wm}\sigma_{Wm} + \mu_{Wm})(Z_R\sigma_R + \mu_R) \right]^2 + \left[ 0.098\sigma_{WOB} \right]^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

Karena  $Z_i = \alpha_i \cdot \beta$ , maka :

$$k = \left[ \left( \frac{0.41\sigma_Y(\alpha_Y \cdot \beta \cdot \sigma_Y + \mu_Y)}{\left[ (\alpha_Y \cdot \beta \cdot \sigma_Y + \mu_Y)^2 - 0.05(\alpha_{Te} \cdot \beta \cdot \sigma_{Te} + \mu_{Te})^2 \right]^{0.5}} \right)^2 + \left( \frac{0.02\sigma_{Te}(\alpha_{Te} \cdot \beta \cdot \sigma_{Te} + \mu_{Te})}{\left[ (\alpha_Y \cdot \beta \cdot \sigma_Y + \mu_Y)^2 - 0.05(\alpha_{Te} \cdot \beta \cdot \sigma_{Te} + \mu_{Te})^2 \right]^{0.5}} \right)^2 + \left[ 0.094\sigma_{Wm}(\alpha_R \cdot \beta \cdot \sigma_R + \mu_R)(\alpha_\mu \cdot \beta \cdot \sigma_\mu + \mu_\mu) \right]^2 + \left[ 0.094\sigma_R(\alpha_{Wm} \cdot \beta \cdot \sigma_{Wm} + \mu_{Wm})(\alpha_\mu \cdot \beta \cdot \sigma_\mu + \mu_\mu) \right]^2 + \left[ 0.094\sigma_\mu(\alpha_{Wm} \cdot \beta \cdot \sigma_{Wm} + \mu_{Wm})(\alpha_R \cdot \beta \cdot \sigma_R + \mu_R) \right]^2 + \left[ 0.098\sigma_{WOB} \right]^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

#### ♦ Penentuan $\beta$

Dari moda kegagalan , diketahui bahwa :

$$MK(Z) = 0,41 \left[ (Z_Y\sigma_Y + \mu_Y)^2 - \frac{1}{19,18} (Z_{Te}\sigma_{Te} + \mu_{Te})^2 \right]^{0.5} - [7991,75 + 0.094(Z_{Wm}\sigma_{Wm} + \mu_{Wm})(Z_R\sigma_R + \mu_R)(Z_\mu\sigma_\mu + \mu_\mu)] - 0,098(Z_{WOB}\sigma_{WOB} + \mu_{WOB})$$

Bila  $Z_i = \alpha_i \cdot \beta$ , maka persamaan moda kegagalan menjadi sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 MK(Z) &= 0,41 \left[ (\alpha_Y \cdot \beta \cdot \sigma_Y + \mu_Y)^2 - \left( \frac{(\alpha_{Te} \cdot \beta \cdot \sigma_{Te} + \mu_{Te})^2}{19,18} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \\
 &\quad - [7991,75 + (0,094(\alpha_{Wm} \cdot \beta \cdot \sigma_{Wm} + \mu_{Wm})(\alpha_R \cdot \beta \cdot \sigma_R + \mu_R)(\alpha_u \cdot \beta \cdot \sigma_u + \mu_u))] \\
 &\quad - 0,098(\alpha_{WOB} \cdot \beta \cdot \sigma_{WOB} + \mu_{WOB}) \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \beta &= 4,362 \frac{\left( (\alpha_Y \cdot \beta \cdot \sigma_Y + \mu_Y)^2 - \left( \frac{(\alpha_{Te} \cdot \beta \cdot \sigma_{Te} + \mu_{Te})^2}{19,18} \right) \right)^{0.5}}{(\alpha_{Wm} \cdot \beta \cdot \sigma_{Wm} + \mu_{Wm})(\alpha_R \cdot \beta \cdot \sigma_R + \mu_R)(\alpha_u \cdot \beta \cdot \sigma_u + \mu_u)} \\
 &\quad - 1,04 \frac{(\alpha_{WOB} \cdot \beta \cdot \sigma_{WOB} + \mu_{WOB})}{(\alpha_{Wm} \cdot \beta \cdot \sigma_{Wm} + \mu_{Wm})(\alpha_R \cdot \beta \cdot \sigma_R + \mu_R)(\alpha_u \cdot \beta \cdot \sigma_u + \mu_u)} \\
 &\quad - \frac{85018,62}{(\alpha_{Wm} \cdot \beta \cdot \sigma_{Wm} + \mu_{Wm})(\alpha_R \cdot \beta \cdot \sigma_R + \mu_R)(\alpha_u \cdot \beta \cdot \sigma_u + \mu_u)} \\
 &\quad - \frac{\mu_{Wm}}{(\alpha_{Wm} \cdot \sigma_{Wm})}
 \end{aligned}$$

#### 4.5 ANALISA HASIL PERHITUNGAN

Analisa dilakukan dengan metode *Advanced First Order Second Moment* (AFOSM) dan Simulasi Monte Carlo. Untuk mengetahui kecenderungan antara keandalan dengan keenam perubah acak yang digunakan, maka digunakan berbagai macam variasi perubah acak yang ada.

##### - Yield strength

Variasi yang digunakan adalah 40091 psi, 40500 psi, 40908 psi, 41500 psi, 42147 psi.

##### - Beban tarik

Variasi yang digunakan adalah 120035 lb, 122000 lb, 123520 lb, 126000 lb, dan 129730 lb.

- Berat pipa dalam lumpur

Variasi yang digunakan adalah 0.75 lb/in, 1 lb/in, 1.375 lb/in, 1.6 lb/in, 2 lb/in.

- *Radius of curvature*

Variasi yang digunakan adalah 22591,38 in, 27109,66 in, 38728,28 in, dan 54219,315 in.

- Koefisien gesek

Variasi yang digunakan adalah 0,25 ; 0,3 ; 0,33 ; 0,35 dan 0,4.

- *Weight on bit*

Variasi yang digunakan adalah 10000 lb, 15000 lb, 20000 lb, 25000 lb, dan 30000 lb.

Kombinasi dari keenam perubah acak tersebut akan menjadi masukan untuk analisa selanjutnya. Untuk metode AFOSM, digunakan program EXCEL dimana mengacu pada rumus-rumus  $\alpha$ ,  $\beta$  dan  $k$ . Selanjutnya dari rumus-rumus tersebut dilakukan iterasi sampai nilai-nilainya konvergen. Dari iterasi tersebut, keandalan ditentukan dari table (pada lampiran) dengan didasarkan pada nilai  $\beta$  (indeks keandalan). Untuk simulasi Monte Carlo, digunakan program yang telah dibuat dalam tugas akhir Saudara Wasis (Wawan, W.P., 1999). Pada dasarnya dalam simulasi Monte Carlo, nilai yang digunakan adalah nilai sample dari suatu populasi. Nilai sample dimasukkan dalam moda kegagalan. Bila bernilai negatif atau nol, dihitung sejumlah  $n$ , dan  $N$  adalah banyaknya percobaan. Kegagalan merupakan perbandingan  $n$  dan  $N$ .

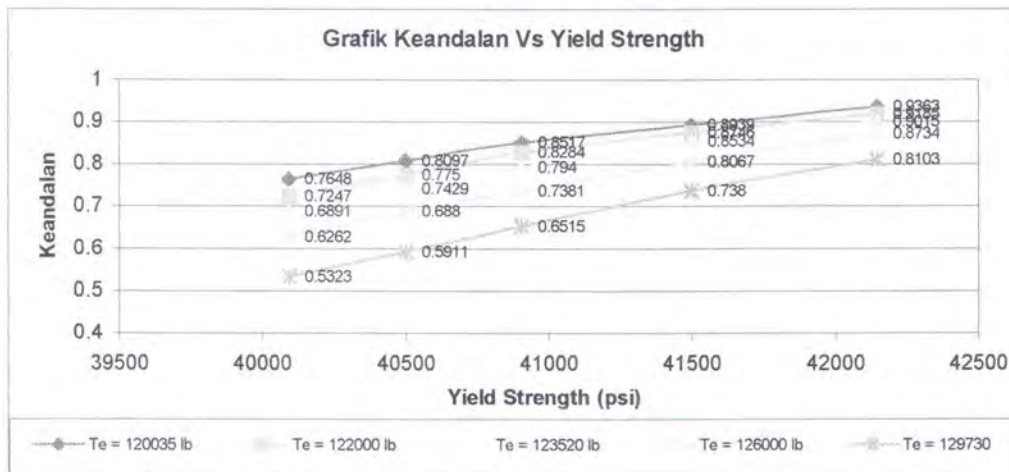
Hasil running program untuk analisa keandalan dengan menggunakan metode AFOSM dan simulasi Monte Carlo (dengan menggunakan 10.000



sampling simulasi) dapat dilihat pada lampiran. Untuk mengetahui kecenderungan hubungan antara keandalan *drill pipe* dengan ke enam perubah acak yang ada, dapat dilihat pada gambar 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, dan 4.5. Keandalan akan cenderung menurun sehubungan dengan :

- Berkurangnya *yield strength drill pipe*.
- Bertambahnya beban tarik *drill pipe*.
- Bertambahnya berat pipa dalam lumpur *drill pipe*
- Bertambahnya *radius of curvature* yang digunakan.
- Bertambahnya koefisien gesek.
- Bertambahnya *weight on bit* yang digunakan.

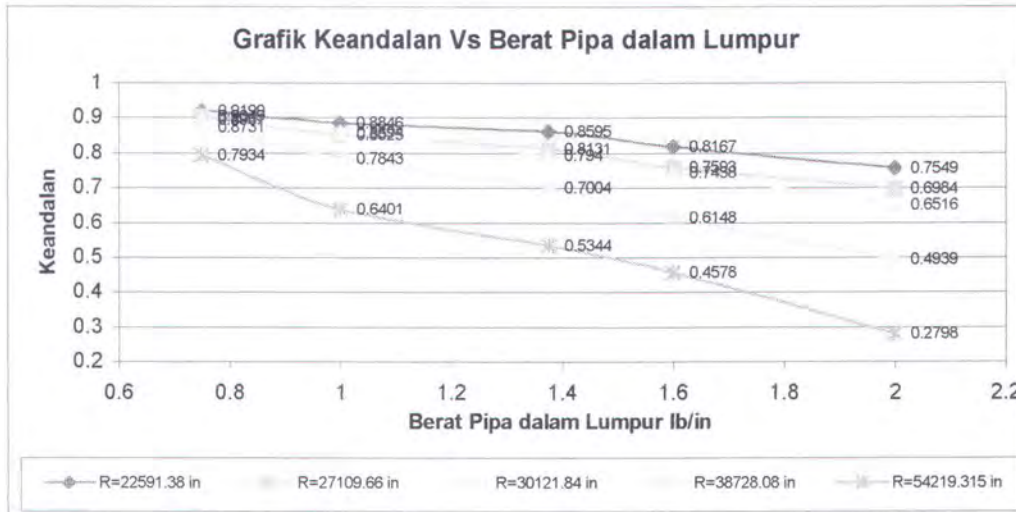
Dari hasil perhitungan pada lampiran , dapat diketahui bahwa antara metode AFOSM dan simulasi Monte Carlo memiliki perbedaan nilai yang kecil. Untuk mengetahui perbedaan tersebut dapat dilihat pada tabel 4.3, 4.4, 4.5.



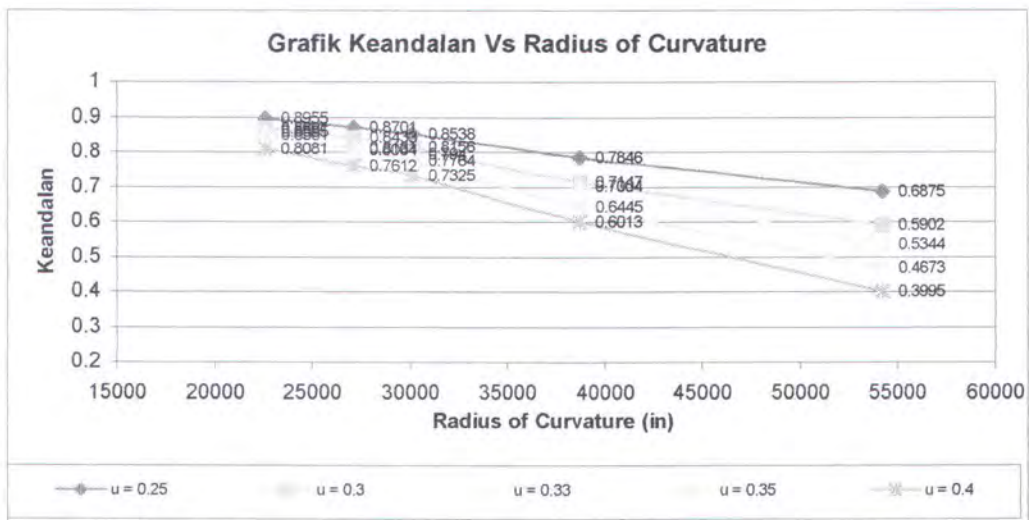
Gambar 4.1. **Grafik Keandalan vs yield strength** (untuk berat pipa dalam lumpur ( $\mu = 1,375$   $\sigma = 0,275$  lb/in), *radius of curvature* ( $\mu = 30121.84$   $\sigma = 6024,368$  in), koefisien gesek ( $\mu = 0.33$   $\sigma = 0.0165$ ), *weight on bit* ( $\mu = 20000$   $\sigma = 4000$  lb) dengan variasi beban tarik) (menggunakan Simulasi Monte Carlo).



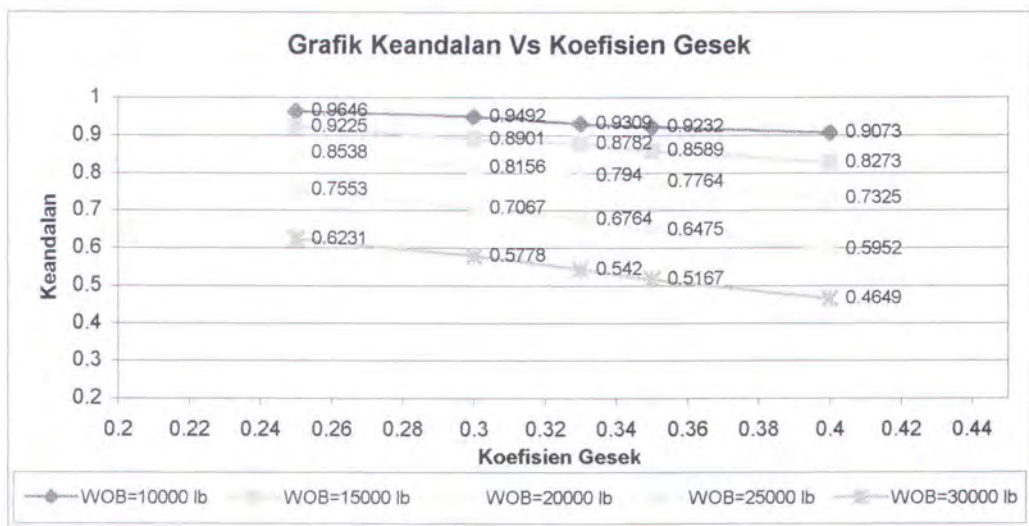
Gambar 4.2. **Grafik Keandalan vs beban tarik** (untuk *yield strength* ( $\mu = 40908$   $\sigma = 2045.4$  psi), *radius of curvature* ( $\mu = 30121.84$   $\sigma = 6024,368$  in), koefisien gesek ( $\mu = 0.33$   $\sigma = 0.0165$ ), *weight on bit* ( $\mu = 20000$   $\sigma = 4000$  lb) dengan variasi berat pipa dalam lumpur) (menggunakan Simulasi Monte Carlo).



Gambar 4.3. **Grafik Keandalan vs berat pipa dalam lumpur** (untuk *yield strength* ( $\mu = 40908$   $\sigma = 2045.4$  psi), beban tarik ( $\mu = 123520$   $\sigma = 6176$  lb), koefisien gesek ( $\mu = 0.33$   $\sigma = 0.0165$ ), *weight on bit* ( $\mu = 20000$   $\sigma = 4000$  lb) dengan variasi *radius of curvature*) (menggunakan Simulasi Monte Carlo).

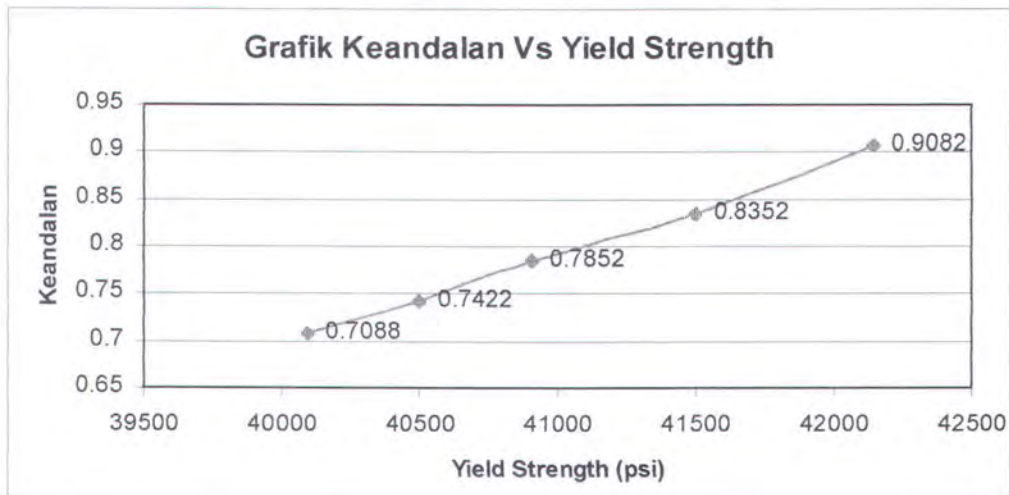


Gambar 4.4. **Grafik Keandalan vs radius of curvature** (untuk *yield strength* ( $\mu = 40908$   $\sigma = 2045.4$  psi), beban tarik ( $\mu = 123520$   $\sigma = 6176$  lb), berat pipa dalam lumpur ( $\mu = 1.375$   $\sigma = 0.275$ lb/in), *weight on bit* ( $\mu = 20000$   $\sigma = 4000$  lb) dengan variasi koefisien gesek) (menggunakan Simulasi Monte Carlo).

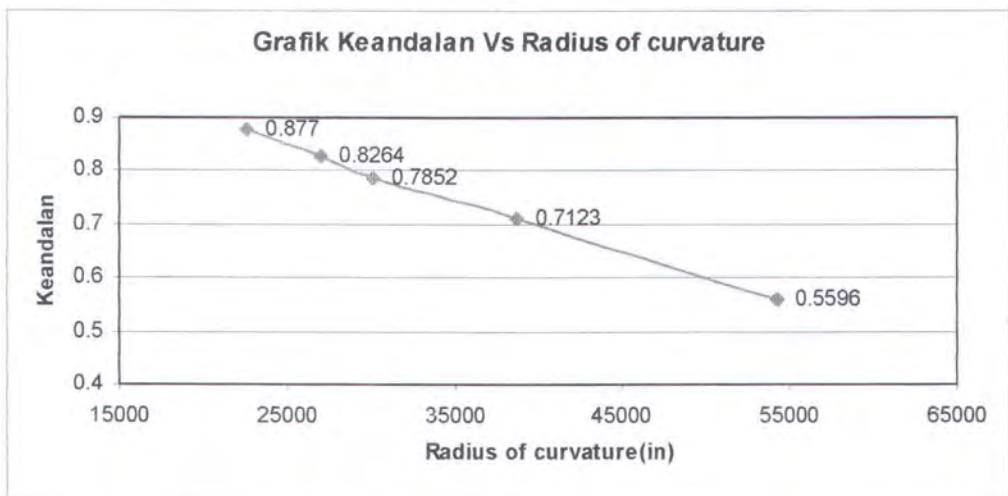


Gambar 4.5. **Grafik Keandalan vs koefisien gesek** (untuk *yield strength* ( $\mu = 40908$   $\sigma = 2045.4$  psi), beban tarik ( $\mu = 123520$   $\sigma = 6176$  lb), berat pipa dalam lumpur ( $\mu = 1.375$   $\sigma = 0.275$ lb/in), *radius of curvature* ( $\mu = 30121.84$   $\sigma = 6024.368$  in) dengan variasi *weight on bit*) (menggunakan Simulasi Monte Carlo).

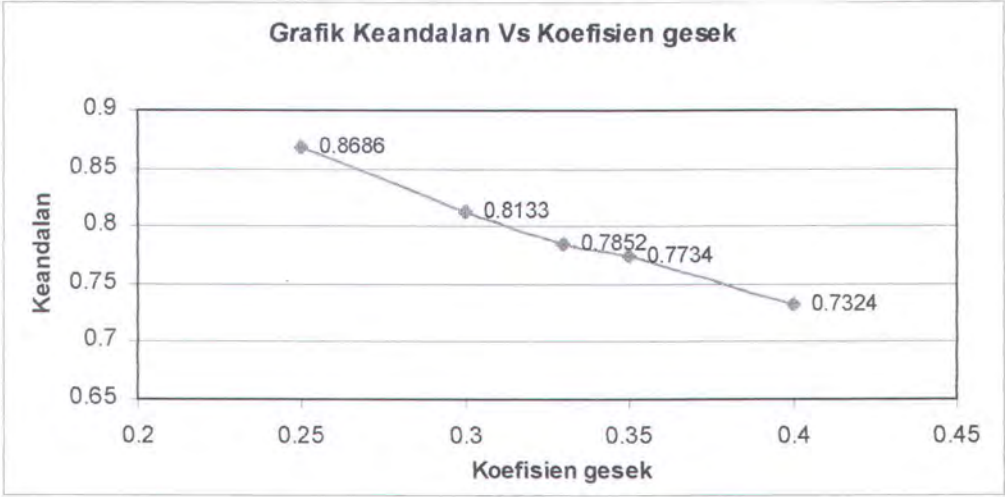




Gambar 4.6. **Grafik Keandalan vs yield strength** (untuk beban tarik ( $\mu = 123520$   $\sigma = 6176$  lb), berat pipa dalam lumpur ( $\mu = 1.375$   $\sigma = 0.275$  lb/in), radius of curvature ( $\mu = 30121.84$   $\sigma = 6024.368$  in) koefisien gesek ( $\mu = 0,33$   $\sigma = 0.0165$ ) dan weight on bit ( $\mu = 20000$   $\sigma = 4000$  lb)) (menggunakan Metode AFOSM).



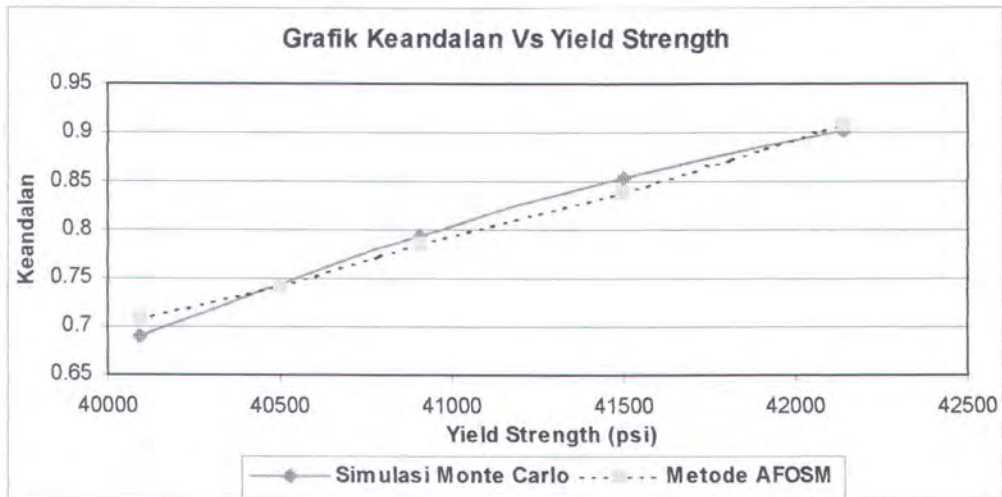
Gambar 4.7. **Grafik Keandalan vs Radius of curvature** (untuk yield strength ( $\mu = 40091$   $\sigma = 2004,55$  psi) beban tarik ( $\mu = 123520$   $\sigma = 6176$  lb), berat pipa dalam lumpur ( $\mu = 1.375$   $\sigma = 6176$  lb), koefisien gesek ( $\mu = 0.33$   $\sigma = 0.0165$ ) dan weight on bit ( $\mu = 20000$   $\sigma = 4000$  lb)) (Metode AFOSM)



Gambar 4.8. **Grafik Keandalan vs koefisien gesek** (untuk *yield strength* ( $\mu = 40091$   $\sigma = 2004,55$  psi) beban tarik ( $\mu = 123520$   $\sigma = 6176$  lb), berat pipa dalam lumpur ( $\mu = 1.375$   $\sigma = 6176$  lb), *radius of curvature* ( $\mu = 30121.84$   $\sigma = 6024.368$ ) dan *weight on bit* ( $\mu = 20000$   $\sigma = 4000$  lb)) (Metode AFOSM)

Tabel 4.3. **Perbandingan nilai Simulasi Monte Carlo dengan Metode AFOSM** (untuk beban tarik ( $\mu = 123520$   $\sigma = 6176$  lb), berat pipa dalam lumpur ( $\mu = 1.375$   $\sigma = 6176$  lb), *radius of curvature* ( $\mu = 30121.84$   $\sigma = 6024.368$  in), koefisien gesek ( $\mu = 0.33$   $\sigma = 0.0165$ ) dan *weight on bit* ( $\mu = 20000$   $\sigma = 4000$  lb)).

No	Yield Strength		Simulasi Monte Carlo		Metode Afosm	
	$\mu$	$\sigma$	Pg	Keandalan	Pg	Keandalan
1	40091	2004.55	0.3109	0.6891	0.2912	0.7088
2	40500	2025	0.2571	0.7429	0.2578	0.7422
3	40908	2045.4	0.206	0.794	0.2148	0.7852
4	41500	2075	0.1466	0.8534	0.1611	0.8389
5	42142	2107.35	0.0985	0.9015	0.0918	0.9082

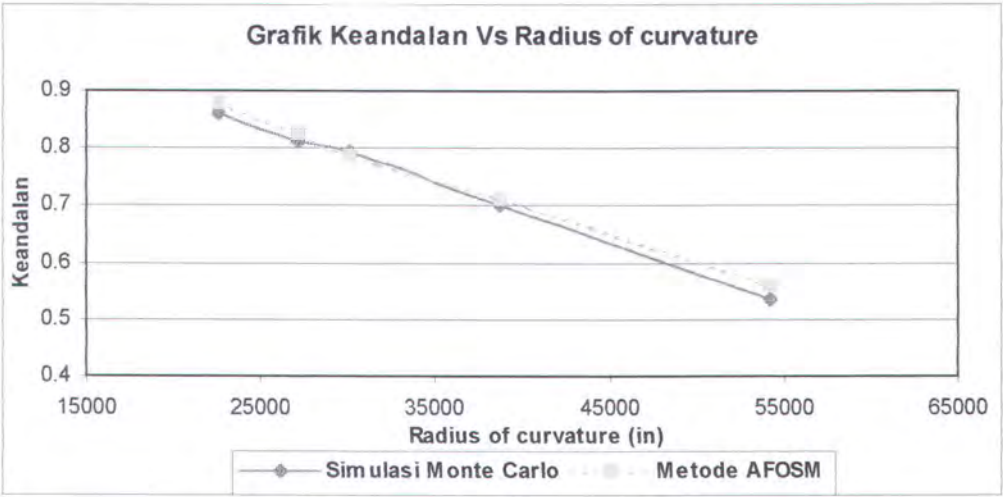


Gambar 4.9. **Grafik Keandalan vs yield strength** (untuk beban tarik ( $\mu = 123520$   $\sigma = 6176$  lb), berat pipa dalam lumpur ( $\mu = 1.375$   $\sigma = 6176$  lb), radius of curvature ( $\mu = 30121.84$   $\sigma = 6024.368$  in) koefisien gesek ( $\mu = 0.33$   $\sigma = 0.0165$ ) dan weight on bit ( $\mu = 20000$   $\sigma = 4000$  lb)).

Tabel 4.4. **Perbandingan nilai Simulasi Monte Carlo dengan Metode AFOSM** (untuk yield strength ( $\mu = 40908$   $\sigma = 2045.4$  psi), beban tarik ( $\mu = 123520$   $\sigma = 6176$  lb), berat pipa dalam lumpur ( $\mu = 1.375$   $\sigma = 6176$  lb), koefisien gesek ( $\mu = 0.33$   $\sigma = 0.0165$ ) dan weight on bit ( $\mu = 20000$   $\sigma = 4000$  lb)).

No	Radius of curvature		Simulasi Monte Carlo		Metode Afosm	
	$\mu$	$\sigma$	Pg	Keandalan	Pg	Keandalan
1	22581.38	4518.276	0.1405	0.8595	0.1335	0.8665
2	27109.66	5421.932	0.1869	0.8131	0.1894	0.8106
3	30121.84	6024.368	0.206	0.794	0.2061	0.7923
4	38728.08	7745.616	0.2996	0.7004	0.2877	0.7123
5	54219.315	10843.863	0.4656	0.5344	0.4681	0.5319

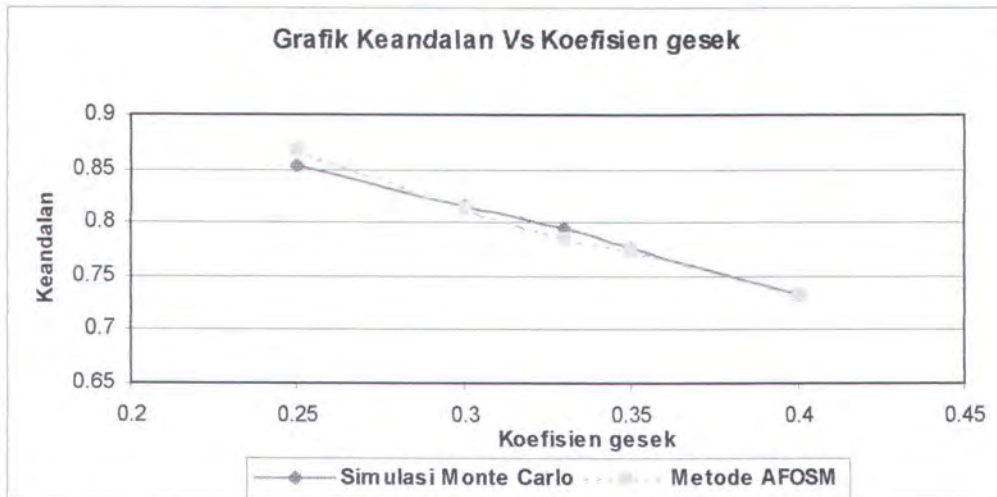




Gambar 4.10. **Grafik Keandalan vs radius of curvature** (untuk *yield strength* ( $\mu = 40908$   $\sigma = 2045.4$  psi), beban tarik ( $\mu = 123520$   $\sigma = 6176$  lb), berat pipa dalam lumpur ( $\mu = 1.375$   $\sigma = 6176$  lb), koefisien gesek ( $\mu = 0.33$   $\sigma = 0.0165$ ) dan *weight on bit* ( $\mu = 20000$   $\sigma = 4000$  lb)).

Tabel 4.5. **Perbandingan nilai Simulasi Monte Carlo dengan Metode AFOSM** (untuk *yield strength* ( $\mu = 40908$   $\sigma = 2045.4$  psi), beban tarik ( $\mu = 123520$   $\sigma = 6176$  lb), berat pipa dalam lumpur ( $\mu = 1.375$   $\sigma = 6176$  lb), koefisien gesek ( $\mu = 0.33$   $\sigma = 0.0165$ ) dan *weight on bit* ( $\mu = 20000$   $\sigma = 4000$  lb)).

No	Koefisien gesek		Simulasi Monte Carlo		Metode Afosm	
	$\mu$	$\sigma$	Pg	Keandalan	Pg	Keandalan
1	0.25	0.0125	0.1462	0.8538	0.1314	0.8686
2	0.3	0.015	0.1844	0.8156	0.1876	0.8133
3	0.33	0.0165	0.206	0.794	0.2148	0.7852
4	0.35	0.0175	0.2236	0.7764	0.2266	0.7734
5	0.4	0.02	0.2675	0.7325	0.2676	0.7324



Gambar 4.11. **Grafik Keandalan vs koefisien gesek** (untuk *yield strength* ( $\mu = 40908$   $\sigma = 2045.4$  psi), beban tarik ( $\mu = 123520$   $\sigma = 6176$  lb), berat pipa dalam lumpur ( $\mu = 1.375$   $\sigma = 6176$  lb), *radius of curvature* ( $\mu = 30121.84$   $\sigma = 6024.368$  in) dan *weight on bit* ( $\mu = 20000$   $\sigma = 4000$  lb)).



## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

*“ Nilai baik suatu perbuatan tergantung kepada arti perbuatan itu bagi upaya pendekatan diri kepada Tuhan”. (Al Ghazali)*



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 KESIMPULAN

Dari hasil analisa perhitungan pada bab sebelumnya dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa :

- Semakin besar *yield strength* yang digunakan, semakin bertambah nilai keandalan *drill pipe*.
- Semakin besar beban tarik yang digunakan, semakin menurun keandalan *drill pipe*.
- Semakin bertambah berat pipa dalam lumpur, semakin menurun keandalan *drill pipe*.
- Semakin besar *radius of curvature* yang digunakan, semakin menurun keandalan *drill pipe*.
- Semakin besar koefisien gesek yang terjadi, semakin menurun keandalan *drill pipe*.
- Semakin besar *weight on bit* yang digunakan, semakin menurun keandalan *drill pipe*.

2. Untuk *yield strength* 40908 psi, beban tarik 123520 lb, berat pipa dalam lumpur 1,375 lb/in, *radius of curvature* 30121,84 in, koefisien gesek 0,33 dan *weight on bit* 20000 lb, besarnya beban torsi 22129,627 psi.in nilai keandalan

sebesar 0,794 (untuk Simulasi Monte Carlo) dan 0,7939 (untuk metode AFOSM).

## 5.2. SARAN

Dalam analisa keandalan ini, yang diperhitungkan hanyalah pengaruhnya terhadap beban torsi. Pada kondisi di lapangan, beban yang bekerja tidak hanya beban torsi, tetapi beban-beban lain seperti beban *drag* dan beban hidrostatik karena adanya lumpur pemboran.

*Radius of curvature* yang digunakan untuk membentuk suatu kelengkungan tertentu pada kondisi sebenarnya menggunakan *simple tangent build curve*. Dan perhitungan nilai C.O.V perlu dilakukan lebih teliti dengan rumus-rumus statistik.



DAFTAR PUSTAKA



## DAFTAR PUSTAKA

- Boivin, R.P., 1994, "**Criteria for Evaluation Directional Drilled Crossing**", Pipeline & Journal Magazine : 12-22.
- Budiyono, 1998, **Analisa Keandalan Struktur Frame 2 Dimensi Akibat Kegagalan Plastis**, Tugas Akhir, Jurusan Tekni Kelautan-FTK-ITS, Surabaya.
- Canadian Association of Oil well Drilling Contractors, **SI Drilling Manual**, Gulf Publishing Company, Houston.
- Johanscik, C.A., Dawson, R.,1984, "**Torque and Drag in Directional Well-Prediction and Measurement**", Directional Drilling No.30, SPE Reprint Series.
- Mc Millian, W., 1990, "**Planning the Directional Well-A Calculation Method**", Directional Drilling No 33, SPE Reprint series, Richardson TX, USA.
- O'connor, P.D.T., 1991, **Practical Reliability Engineering**, John Willey & Sons Ltd, Chicester.
- Popov, E.P., 1991, **Mekanika Teknik**, Jakarta, Erlangga.
- Ramakumar,R., 1993, **Engineering Reliability : Fundamental and Applications**, Prentice-all International Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- Rosyid, D.M., 1996, **Analisa Keandalan dan Resiko**, Jurusan Teknik Kelautan-FTK-ITS, Surabaya.

Rosyd, D.M., Setyawan,D., 1999, **Kekuatan Struktur Kapal**, FTK-ITS, Surabaya.

Schuh, F.J, 1991, “**Horizontal Well Planning-Build Curve Design**”, Horizontal Drilling No 30, SPE Reprint series, Richardson TX, USA.

Thoft-Christensen, P., Y. Murotsu, 1986, **Application of Structural Systems Reliability Theory**, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg.

Wawan, W.P.,1999, **Pengembangan Perangkat Lunak Analisa Keandalan Sistem Dengan Menggunakan Metode Simulasi Monte Carlo**, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Kelautan-FTK ITS, Surabaya.



LAMPIRAN



DATA PEMBORAN





# LAPORAN HARIAN UNIT USAHA BOR PERTAMINA OEP CEPU

DA: KA. BOR OEP CEPU - No.fac: (0296) 21329.  
1. UUB KWARNAS JAKARTA - No.fac: (021) 3500024.  
2. TEK.OPS.EPT-ASSET OEP CEPU - No.fac: (0296) 21329.

Rig	= N-110 M	No.Rig	18	Hari ke	= 132	Tanggal	= 12-Apr-2000
Sumur	= KTB-A	Sumur	KTB-1	Kedalaman	= 2386 m.	Kemajuan	= 13 m.
Sumur	= KTB-1	Pekerjaan	EKS.	No.SP	= 034.xxx	No.PK	= 8D0006.
lubang	30" = 29 m.	28" = 402 m.	17 1/2" = 1600 m.	12 1/4" = 2342 m.	8 1/2" =		
asing	30" = 29 m.	20" = 402 m.	13 3/8" = 1600 m.	9 5/8" = 2342 m.	7" =		

J a m			RINCIAN KEGIATAN				
ai	selesai	lama					
8:30	2.5		Lanjut masuk rangkaian MM 6 1/2" sampai 611 M				
9:00	0.5		Sirkulasi sambil geser kabel I, 7 M				
13:00	4		Lanjut masuk rangkaian MM 6 1/2" sampai 2373 M, break sirkulasi di 2152				
15:00	2		Sirkulasi di 2373 M				
16:00	1		Survey di 2373 M, gagal (gambar tidak terbaca)				
17:00	1		Survey ulang gagal (mole shoe tidak duduk di UBHO, timahnya tidak rusak)				
18:30	1.5		Sirkulasi & survey ulang hasil 1 3/4", N 48" W				
0:30	8		Bor & arahkan lubang ke S 50" W dari 2373 - 2383 M				
1:00	0.5		Sirkulasi di 2383 M				
2:00	1		Survey, gagal (mole shoe tidak duduk di UBHO)				
3:00	1		Survey ulang hasil 1 1/2", N 45" W				
6:00	3		Bor & arahkan lubang dari 2383 - 2386 M				
			Catatan:				
			- Tolp tali di 2426 M				
			- Pompa # 1 ganti 4 pcs piston rubber 6" & 2 pcs gland packing				
			- Pompa # 2 ganti 2 pcs gland packing				
			- Cutting di 2383 M, 80 % cutting formation, 20% semen				

Solar	: 22271	l.b.																
Jam 00.00 :	Bor sampai 2382								Kedalaman : 2386 motor.									
Jam	SG.	VISC.	WL	Slid	PH	SC	OC	GS	IPV	YP	CL	MC	MBT	K++	TEMP. °F			
18.00	1.67	80	4	21	9.5	0.25	-	10/22	14	45	32k	1	3	36.2k	141/161			
06.00	1.67	80	4	21	9.5	0.25	-	10/22	14	45	32k	1	3	36.2k	141/161			
hat	NO.	Ukuran	Pabrik	Type	IADC	No.Seri	Nozzle	WOB	RPM	UMUR	HASIL-m	ROP 'm						
alam	11/3 RIR	8 1/2"	Sec	Secs04F	5.1.7	547319	2x16.1x0	8-10 Kilbs.	138	19.00 jam	34	38.4	akhir					
abut	Kedalaman : m. Koringan:																	
mpa	Pompa No	Type	Liner(In)	Stroke(In)	Rod (in)	Tekanan	Kondisi	T:	G:									
l	1	N-1000	6	16	2 7/8	1850	SPM	GPM	AV.DP.	AV.DC.	Jet.Val.FPS							
olika	2	N-1000	6	16	2 7/8		33	-										
	3	N-1100	6	18	3 1/8		0	0										
IA	B4 8 1/2" + MM (M1XL AKO 1 2 <sup>d</sup> WUBHS)+Stab 6 1/2"+UBHO+KMC+11 DC 6 1/4" + 234 DP 5"										SURVEY SUMUR BERARAH							
											DALAM	ARAH	KEMIRINGAN					
g	124.85																	
or																		
n	Clay	Shale	Silt	Limestone	Indatafo	Coal	155 Kilbs											
0							Mud											
0								Kedalaman										

NTAAN BARANG :

SAIAN BBM :

Solar : 3000 Ltr.  
Mediran S 40 : 50 Ltr.  
Rored EP 140 : Ltr.  
Rored EP 90 : Ltr.  
ATF Dex. : Ltr.  
A. Grease : Kg.

HARIAN (DC) Rp23,998,748 US \$ 447.73  
KUMULATIF(CC) Rp8,984,911,644 US \$ 958,839.71

RIG SUPERINTENDENT.

SUNARDI



# LAPORAN HASILAN UNIT USATA BOR PERTAMINA OEP CEPU

DA: KA. BOR OEP CEPU - No.fac: (0298) 21329.  
1. UUB-KWARNAS JAKARTA - No.fac: (021) 3508024.  
2. TEK.OPS.EPT-ASSET OEP CEPU - No.fac: (0298) 21329.

Log	= 1110 M	No. Itig	= 10	Hariko	= 133	tanggal	= 13-Apr-2000
ti	= CIB-A	Sumur	KTB-1	Kedalaman	= 2411 m.	Kemajuan	= 25 m.
Sumur	= CIB-1	Pekerjaan	EKS.	No.SP	= 034.yxx	No.PIK	= 8100008.
lubang	18" = 29 m.	28" = 402 m.	17 1/2" = 1600 m.	12 1/4" = 2342 m.	8 1/2" =		
asing	30" = 29 m.	20" = 402 m.	13 3/8" = 1600 m.	9 5/8" = 2342 m.	7" =		

J a m			RINCIAN KEGIATAN				
si	solosol	lama					
8:30	2.5	✓	Lanjut bor arahkan lubang dari 2380 - 2393 M				
9:00	0.5		Sirkulasi				
10:00	1		Survey di 2393 / 2377 M, 3/4" N 90 W				
15:00	5	✓	Lanjut bor arahkan lubang dari 2393 - 2402 M				
16:00	1		Sirkulasi				
17:30	1.5		Survey di 2402 / 2388 M, 1 1/4" S 25 W				
4:00	10.5	✓	Lanjut bor arahkan lubang dari 2402 - 2411 M				
5:00	1		Sirkulasi				
6:00	1		Survey di 2411 / 2395 M, 3 + S 02 W				
			Sedang survey.				
			Catatan:				
			- Top fish di 2426 M				
			- Cutting di 2387 - 2411 M, 100% semen				

Solar	17570		lit.															
Jam 00.00 :	Bor sampai 2409				Kedalaman : 2411 meter.													
	Jam	SG	VISC.	WL	Slid	PH	SC	OC	GS	PV	YP	CL	MC	MBT	K4+	TEMP. °F		
	18.00																	
	08.00	1.70	82	4	22	9.5	0.25	-	11/23	37	48	32k	1	3	34.2	154/165		
hat	NO.	Ukuran	Pabrik	Type	IADC	No.Seri	Nozzle	WOB	RPM	UMUR	HASIL	m	ROP	Y/m				
alam	11/3 RR	8 1/2"	Soc	Soca84F	5.1.7	547310	2x18, 1x0	10-15 Klbs.	138	37.30 Jam	59	88.5	akhir					
abut	Kedalaman :		m.		Kemiringan:		Kondisi:		T:		B:		G:					
upa	Pompa No	Type	Liner(In)	Stroke(In)	Rod (in)	Tekanan	SPM	GPM	AV.DP.	AV.DC.	Jat.Vol.-FPS							
1	1	N-1000	6	16	2 7/8	2000	31	194	223	317	89							
olika	2	N-1000	6	16	2 7/8		38	237										
	3	N-1100	6	16	3 1/8		0	0										
HA	Rd 8 1/2" + MM (M1XL AKO 1.2" W/UBHS)+Slab 8 1/2"+UBHO+KMC+11 DC 8 1/4" + 234 DP 5"							Total	431	SURVEY SUMUR BERARAH								
										DALAM	ARAH	KEMIRINGAN						
	124.85									2377	N 90 W	3/4°						
										2393	S 25 W	1-1/4°						
										172 Klbs								
	Clay	Shale	Silt	Limestone	bedstone	Coal	Marl					Kedalaman						

NTAAN BARANG:																		
																	bag.	
																	bag.	
																	bag.	

SAIAN RBM:																		
Solar	:	4701	Ltr.															
Mediran S 40	:	25	Ltr.															
Rored EP 140	:		Ltr.															
Rored EP 90	:		Ltr.															
ATF Dax	:	25	Ltr.															
A. Greso	:		Kg.															

HARIAN (DC) Rp307,034,133 US \$ 589.08  
KUMULATIF (CC) Rp9,291,945,777 US \$ 956,628.79

RIG SUPERINTENDENT,

SUNARDI



# FACSIMILE

## LAPORAN HARIAN UNIT USAHA BOR

### PERTAMINA OEP CIEPU

1. KA. BOR OEP CIEPU - No. fac. (0296) 21329  
 2. UUB KWARNAS JAKARTA - No. fac. (021) 3508024  
 3. TEK. OPS. EPT-ASSET OEP CIEPU - No. fac. (0296) 21329

g	= N-110 M	No. Rig	18	Hari ke	= 134	Tanggal	= 14-Apr-2000
umur	= KTB-A	Sumur	KTB-1	Kedalaman	= 2421 m.	Kemajuan	= 10 m.
ubang	= KTB-1	Pekerjaan	EKS.	No. SP	= 034.000	No. PK	= 8D0000.
ing	30" = 29 m.	28" = 402 m.	17 1/2" = 1600 m.	12 1/4" = 2342 m.	8 1/2" =		
ing	30" = 29 m.	20" = 402 m.	13 3/8" = 1600 m.	9 5/8" = 2342 m.	7" =		

Solusai		lama		RINCIAN KEGIATAN			
16:00	10			Lanjut bor arahkan lubang dari 2411 - 2421 M			
17:00	1			Sirkulasi			
20:30	3.5			Ada OP 20 kbs di 2413 m, lakukan sirkulasi tambahan sambil naik turun string, kondisi lubang.			
21:30	1			Survey di 2421/2405 M, 5", S 6 W			
22:30	1			Sirkulasi, cabut sampai sepatu, wrap lumpur berat 5 M			
5:00	6.5			Cabut rangkaian MM sampai permukaan			
6:00	1.0			L/D MM dan persiapan masuk BHA I			
				Catatan:			
				- Top fish di 2426 M			
				- Cutting 100% semen			

olar : 13313 Ltr.		Kedalaman : 2421 meter.															
am 00.00 :		Cabut sampai 1838 M															
	Jam	SG.	VISC.	WL	Sid	PH	SC	DC	GS	FV	YP	CL	MC	MBT	K++	TEMP. °F	
	18.00																
	08.00	1.70	78	4	22	9.5	0.25	-	11/23	38	47	32k	1	3	34.2	152/165	
at	NO.	Ukuran	Pabrik	Type	IADC	No. Seri	Nozzle	WOB	RPM	UMUR	HASIL-m	ROP 1/m					
lam	11/3 RR	8 1/2"	Soc	Socs84F	S.1.7	547319	2x16,1xO	10-15 Klbs.	138	47 jam	89	58.5					
but	Kedalaman : m. Kemiringan:																
pa	Pompa No	Type	Liner(In)	Stroke(In)	Red (in)	Tekanan	3PM	GPM	AV.DP.	AV.DC.	Jat.Val.						
	1	N-1000	6	16	2 7/8	2010	34	212	223	317	89						
lika	2	N-1000	6	16	2 7/8		36	225									
	3	N-1100	6	16	3 1/8		0	0									
A	Bit 8 1/2" + MM (M1XL AKO 1.2 <sup>o</sup> W/UBHS) + Stab 8 1/2" + UBHO +								Total		437	SURVEY SUMUR BERARAH					
	KMG+11 DC 8 1/4" + 240 DP 5"											DALAM	ARAH	KEMIRINGAN			
	124.85											2377	N 90 W	3/4 <sup>o</sup>			
												2393	S 25 W	1-1/4 <sup>o</sup>			
	Clay	Shale	Silt	Limestone	ndstone		Coal	Marl	172 Klbs								
00%											Kedalaman						

NTAAN BARANG :

AIAN BBM :

Solar : 4258 Ltr.  
 Medifran S 40 : 25 Ltr.  
 Roro I EP 140 : Ltr.  
 Roro I EP 80 : Ltr.  
 ATF I Dax. : 0 Ltr.  
 A. Grease : Kg.

HARIAN (DC) Rp33,411,138 US \$ 447.78  
 KUMULATIF (CC) Rp9,323,791,915 US \$ 1,098,238.27

BIG SLEEFER INTENDEN

SUNARDI



# LAPORAN HARIAN UNIT USAHA BOR PERTAMINA OEP CEPU

KA. BOR OEP CEPU

No.fac: (0291) 21329

1. UUB-KWARNAS JAKARTA

No.fac: (021) 3509024

2. TEK.OPS.EPT-ASSET OEP CEPU

No.fac: (0291) 21329

N-110 M	No.Rig	10	Hari ke	=	135	Tanggal	=	15-Apr-2000
KTB-A	Sumur	KTB-1	Kedalaman	=	2386 m.	Kemajuan	=	13 m.
KTB-1	Pekerjaan	EKS.	No.3P	=	034.000	No PK.	=	8DC008.
38" = 29 m.	26" = 402 m.	17 1/2" = 1600 m.	12 1/4" = 2342 m.	8 1/2" =	m			
30" = 29 m.	20" = 402 m.	13 5/8" = 1600 m.	9 5/8" = 2342 m.	7" =	m			

## RINCIAN KEGIATAN

Waktu	lama	Detail Kegiatan
13:30	7.5	Masuk BHA I sampai 2421 m, break circ di 1000 m dan 2342 m.
21:00	7.5	Bor formasi dari 2421 m - 2431 m.
22:30	1.5	Sirkulasi dan survey di 2431/2411 m 5 3/4", S 20 W.
6:00	7.5	Bor formasi 2431 m - 2438 m. Sndang bor.
Catatan: - Top flash di 2426 m. - Pompa I ganti 1 pce seat valve, 1 pce valve komplet dan 1 pce insert valve		

17,676 Ltr.

Bor sampai 2432 m										Kedalaman : 2386 meter.							
Jam	SG.	VISC	WL	Sld	PH	SC	OC	GS	PV	YP	CL	MC	MBT	K++	TEMP. °F		
18.00	1.67	80	4	21	9.5	0.25	-	10/22	34	45	32k	1	3	38 2k	141/161		
06.00	1.7	80	4	22	9.5	0.25	-	10/23	38	48	33k	1	3	38 2k	141/161		
NO.	Ukuran	Pabrik	Type	IADC	No.Seri	Nozzle	WOB	RPM	UMUR	HASIL-m	ROP 'm						
12/4	8 1/2"	Varel	L 218	126	23338	3 x 16	8-10	138	1300 Jam	34	36.4	akhir					
							Klbs.										

Kedalaman : m. Kemiringan :						Kon fig: T:		B : G:		
Pompa No	Type	Liner(In)	Stroke(In)	Rod (in)	Tekanan	SPM	GPM	AV.DP.	AV.DC.	Jut.Vol.-FPS
1	N-1000	6	16	2 7/8	2475	36	450	232	331	245
2	N-1000	6	16	2 7/8		36	.			
3	N-1100	6	16	3 1/8		0	0			
Bit 8 1/2" + NBS 8 1/2" + 1 - DC 6 1/4" + STAB 8 1/2" + KMC 6 1/2"						Total	450	SURVEY SUMUR BERARAH		
+ 11 - DC 6 1/4" + DP 5"								DALAM	ARAH	KEMIRINGAN
124.85								2431/2411	S 20 W	5 3/4 °
							155 Klbs			
Clay	Shale	Silt	Limestone	ndstone		Coal	Marl			Kedalaman
	20	80								

AN BARANG:										bag.									

Y. BBM:  
 1. 3834 Ltr.  
 2. 125 Ltr.  
 3. 10 Ltr.  
 4. Ltr.  
 5. Ltr.  
 6. Kg.

AN (DC) 53.227.668,- US \$ 447.78  
 ULATIF(CC) 9.377.019.583,- US \$ 1,098,803.05

RIG SUPERINTENDENT

SUNARDI



LAPORAN HARIAN UNIT USAHA BOR  
PERTAMINA OEP CEPU

- KA. BOR OEP CEPU - No.fac: (0299) 21329.  
1. UUB-KWARNAS JAKARTA - No.fac: (021) 3508024.  
2. TEK.OPS.EPT-ASSET OEP CEPU - No.fac: (0295) 21329.

N-110 M	No.Rig	18	Hari ko	136	Tanggal	16-Apr-2000
KTB-A	Sumur	KTB-1	Kedalaman	2386 m.	Kemajuan	13 m.
KTB-1	Pekerjaan	EKS.	No.SP	034.xxx	No.PK	800008.
30"	29 m.	28"	402 m.	17 1/2"	1900 m.	12 1/4" = 2342 m.
30"	29 m.	20"	402 m.	13 3/8"	1600 m.	9 5/8" = 2342 m.
						7" = m

RINCIAN KEGIATAN

Waktu	lama	Detail Kegiatan
8:00	2	Lanjut bor formasi dengan BHA I dari 2438 - 2441 m
9:30	1.5	Sirkulasi, survey 2441/2411 M, 6 1/2", S 27.5 W
15:30	6	Cabut rangkaian BHA I spi permukaan
16:00	0.5	L/D NBS 8 1/2" dan pahat 8 1/2"
18:30	0.5	M/U BHA II
1:00	8.5	Masuk rangkaian BHA II spi 2441 m ( break sirkulasi di 1000 m dan 2342 m )
6:00	5	Sirkulasi, bor formasi 2441 m - 2444 m. Sedang bor.

13,862 Ltr.  
Masuk BHA II sampai 2342 m. Kedalaman : 2342 motor.

Jam	SG.	VISC.	WL	Sld	PH	SC	OC	GS	PV	YP	CL	MC	MBT	K++	TEMP. °F
18.00	1.67	80	4	21	9.5	0.25	-	10/22	34	45	32k	1	3	36.2k	141/161
08.00	1.7	78	4	21	9.5	0.25	-	10/21	30	42	33k	1	3	35.2k	141/161
	NO.	Ukuran	Pabrik	Type	IADC		No.Seri	Nozzle	WOB	RPM	UMUR	HASIL-m	ROP 'm		
n	12/4	8 1/2"	Varol	L 210	120		23338	3 x 16	8-10	138	13.00 jam	34	38.4	akh	
	13/5	8 1/2"	Hycalog	D3 70 HGV			10120	1x18.5x12	Klbs.	90	4.5	3	45		

Kedalaman :		m. Kemiringan:			Kondisi:	T:	B :	G:		
Pompa No	Type	Liner(In)	Stroke(In)	Rod (in)	Tekanan	SPM	CPM	AV.DP.	AV.DC.	Jnt.Vol.-FF
1	N-1000	6	16	2 7/8	2475	34	425	219	312	170
2	N-1000	6	16	2 7/8		34	-			
3	N-1100	6	16	3 1/8		0	0			

Blt 8 1/2" + Junk Sub + BS+X/O + 1 - DC 6 1/4" + STAB 8 1/2" + KMC 6 1/4" + 17 - DC 6 1/4" + 237 DP 5". Total 425 SURVEY SUMUR BERARAH

DAIAM	ARAH	KEMIRING
2431/2411	S 20 W	5 3/4 °
2441/2421	S27.5W	6 1/2 °
15' Klbs.		
Clay	Shale	Silt
	20	80
	40	60
	Limestone	Marl
	Coal	
		Kedalaman

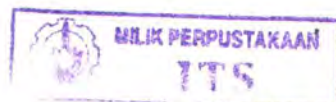
BARANG:

		bag.
		bag.
		bag.
BBM :		
olar	3814 Ltr.	
oditron S 40.	35 Ltr.	
orod EP 140	60 Ltr.	
orod EP 90	Ltr.	
TF Dex.	Ltr.	
Grease	Kg.	

RIAN (DC) 65.592.876,- US \$ 447.78  
MULATIF(CC) 9.442.612.459,- US \$ 1,099,130.83

RIG SUPERINTENDENT

SUNARDI





# LAPORAN HARIAN UNIT USAHA BOR PERTAMINA OEP CEPU

- KA. BOR OEP CEPU  
1. UUB-KWARNAS JAKARTA  
2. TEK OPS EPT-ASSET OEP CEPU

No fac: (0296) 21329.  
No fac: (021) 3500024.  
No fac: (0296) 21329.

No. Rig	16	Hari ke	= 137	Tanggal	= 17 Apr-2000
Sumur	KTB-1	Kedalaman	= 2465 m.	Kenaikan	= 21 m.
Pekerjaan	EKS	No.3P	= 034.xxx	No PK	= 8D0006
36" = 29 m.	28" = 40. m.	17 1/2" = 1600 m.	12 1/4" = 2342 m.	8 1/2" =	
30" = 29 m.	20" = 402 m.	13 3/8" = 1600 m.	9 5/8" = 2342 m.	7" =	

## RINCIAN KEGIATAN

Waktu	Jam
22:00	16
1:00	3
6:00	5

Lanjut bor formasi dengan BHA II 2144 m - 2458 m.  
Perbaikan air flex DW, pahat ganlong di shoe 2342 m.  
Lanjut bor 2458 m - 2465 m. Sedang bor

9.338 Ltr.																
Porbalkan air flex DW																
Kedalaman 2458 2342 motor																
Jam	SG	VISC	WT	SH	PH	SC	OC	GS	PV	YP	CL	MC	MBT	K++	TEMP. °C	
18.00																
06.00	1.7	80	4	21	9.5	0.25	-	11/22	37	42	3dk	1	3	35 2k	82/71	
NO.	Ukuran	Pabrik	Type	IADC			No.Seri		Nozzle	WOB	RPM	UMUR	HASIL-m	ROP 'm		
13/5	8 1/2"	Hycalog	DS70F-DV				19120		1x18.5x12	20-25	130	24.50 jam	24	54 akhir		
Kedalaman : m. Kemiringan: Kondisi: T: B: G:																
Pemipa No	Type	Line(in)	Stroke(in)	Rod (in)	Tekanan		SPM	GPM	AV.DP.	AV.DC.	Est.Vel.FPS					
1	N-1000	6	18	2 7/8	2050		35	437	226	321	175					
2	N-1000	6	16	2 7/8			35	-								
3	N-1100	6	18	3 1/8			0	0								
Bit 8 1/2" + Junk Sub + BS + XO + 1 - DC 6 1/4" + STAB 8 1/2" + KMC 6 1/2"										Total	437	SURVEY SUMUR BERARAH				
+ 17 - DC 6 1/4" + 237 DP 5".												DALAM	ARAH	KEMIRINGAN		
181.46												2431/2411	S 20 W	5 3/4 °		
												2441/2421	S 27.5 W	6 1/2 °		
										155 Klbs						
Clay	Shale	Silt	Limestone	pelatans		Coal	Marl	Kedalaman								
	30	70														
	80	20														

## AN BARANG:

J. BBM:		Solar = 8000 lt.		bag
ditran S 40		ATF dextron = 2 dr		bag.
ired EP 140		RORED ep 90 = 2 dr		bag
ired EP 90		Rored EP 140 = 1 dr		
F Dex.				
Grassa				

AN (DC)	Rp51,875,028	US \$	50,440.78
ALATIF (CC)	Rp9,494,587,487	US \$	1,143,921.61

BIG SUPERINTENDENT

SUNARDI



# LAPORAN HARIAN UNIT USAHA BOR PERTAMINA OEP CEPU

KA BOR OEP CEPU

No. fac: (0290) 21329.

1. UUB-KWARNAS JAKARTA

No. fac: (021) 3500024.

2. TEK OPS EPT-ASSET OEP CEPU

No. fac: (0290) 21329.

N-110 M	No. Rig	18	Hariko	138	Tanggal	18-Apr-2000
KTB-A	Sumur	KTB-1	Kedalaman	2468 m.	Komajuan	3 m.
KTB-1	Pekerjaan	EKS.	No. BP	034 xxx	No. PK	8D0008.
36" = 29 m.	26" = 402 m.	17 1/2" = 1600 m.	12 1/4" = 2342 m.	8 1/2" = m		
30" = 29 m.	20" = 402 m.	13 5/8" = 1600 m.	8 5/8" = 2342 m.	7" = m		

## RINCIAN KEGIATAN

Waktu	lama	
8.30	2.5	Lanjut bor formasi dengan DHA II 2465 m - 2467 m.
5.00	20.5	Stop bor, perbaikan ROTARY COUNTER SHAFT, sambil : - Gantung rangkaian di shoo, 2342 m. - Ganti Bearing Rotary Counter Shaft. - Ganti 7 pcs Brake Shoe Rotary Counter Shaft.
6.00	1	Catatan : - Jam 15.00 bearing yang rusak dikeluarkan dari RCS. - Jam 01.00 bearing baru tiba di lokasi. - Jam 04.00 bearing baru selesai terpasang. - Jam 05.00 rangkaian masuk sampai dasar. Sirkulasi di dasar, lanjut bor 2467 m - 2468 m. Sedang sirkulasi persiapan survey.

21.878	Ltr.														
00.00	Perbaikan Rotary counter Shaft	Kedalaman 2467 2342 meter.													
Jam	SG.	VISC.	WL	Sid	PH	SC	OC	GS	PV	YP	CL	MC	MBT	K++	TEMP °C
18.00															
06.00	1.7	80	4	21	9.5	0.25	-	11/22	38	42	34k	1	3	38.2k	61/70
NO.	Ukuran	Pabrik	Type	IADC	No.Seri	Nozzle	WOB	RPM	UMUR	HASIL-m	ROP /m				
13/5	8 1/2"	Hycalog	DS70F DV		19120	1x18.5x12	20-25 Klbs.	130	27.50 jam	27	54	akhir			
Kedalaman :	m	Kemiringan:													
Poinpa No	Type	Line(in)	Stroke(in)	Rod (in)	Tekanan	SPM	GPM	AV.DP.	AV.DC.	Jet.V-L-EP					
1	N-1000	6	16	2 7/8	2050	35	437	225	3.21	175					
2	N-1000	6	16	2 7/8		35	-								
3	N-1100	6	16	3 1/8		0	0								
BHA 1 1/2" + Junk Sub (BS) K/O 1 - DC 6 1/4" + STAB 8 1/2" + KMC 6 1/2" + 17 - DC 6 1/4" + 237 DP 5".										Total	437	SURVEY SUMUR BERARAH			
												DALAM	ARAH	KEMIRINGAN	
181.46												2431/241	S 20 W	5 3/4 °	
												2441/242	S27.5W	6 1/2 °	
												155 Klbs.			
Clay	Shale	Silt	Limestone	Indstone	Coal										Kedalaman
	80	20													

Pemakaian Material:  
- KCI : 30 bag  
- PAC-L : 2 bag.

AN HARIAN:  
- 3459 Ltr.  
- 40 Ltr.  
- 30 Ltr.  
- Ltr.  
- Ltr.  
- 10 Kg.

RIAN (DC) Rp23,795,151 US \$ 447.78  
ULATIE (CC) Rp9,518,382,638 US \$ 1,144,069.39

RIG SUPERINTENDENT.

SUNARDI



No. inc: (0203) 21329.

SUN&amp;ROI



# LAPORAN HARIAN UNIT USAHA BOR PERTAMINA OEP CEPU

KA. BOR OEP CEPU

No.fac: (0286) 21329.

1. UUB-KWARNAS JAKARTA

No.fac: (021) 3508024.

2. TEK.OPS.EPT-ASSET OEP CEPU

No.fac: (0286) 21329.

N-110 M	No.Rig	18	Hari ke	= 140	Tanggal	= 20-Apr-2000
KTB-A	Sumur	KTB-1	Kedalaman	= 2517 m.	Kemajuan	= 21 m.
KTB-1	Pekerjaan	EKS.	No.SP	= 034 xxx	No.PK.	= 800008.
38" = 29 m.	28" = 402 m.	17 1/2" = 1600 m.	12 1/4" = 2342 m.	8 1/2" = m		
30" = 29 m.	20" = 402 m.	13 3/8" = 1600 m.	9 5/8" = 2342 m.	7" = m		

RINCIAN KEGIATAN	
08.00	2
09.00	1
10.00	1
11.00	14
11.30	1.5
12.00	4.5
Lanjut sirkulasi, dan survey 2490/2476 M, 5.25°, S 31° W	
Short trip kondisi lubang spt 2342 M (op 10-40 Klbs)	
Sirkulasi di dasar 2498 M	
Lanjut bor formasi dari 2498 M sampai 2515 M	
Lanjut bor formasi dari 2515 M sampai 2517 M	
Stop bor, perbaikan rental rotary table, rangkaian gantung di 2342 M (shoo)	
masuk rangkaian kembali spt 2408 M, duduk 15 Klbs, dan ream	
dari 2408 spt 2415 M	

12.200		1 tr													
08.00 :		Bor formasi di 2490 m													
		Kedalaman 2496 2517 meter.													
Jam	SG.	VISC.	WL	Sld	PH	SC	OC	GS	PV	YP	CL	MC	MBT	K++	TEMP °C
18.00	1.65	85	4	20	9.5	0.25	-	10/22	32	40	35k	1	2	36.2k	68/75
06.00	1.68	85	4	22	9.5	0.25	-	10/21	38	42	34.5k	1	2	36.2k	68/75
NO.	Ukuran	Pabrik	Type	ADC	No.Seri	Nozzle	WOB	RPM	UMUR	HASIL m	ROP /m				
13/5	8 1/2"	Hycalog	DS70F-DV		19120	1x18,5x12	20-28	120	13.40 jam	21	42.1	akhir			
Kedalaman :		m.		Kemiringan:		Kondisi:		T:		B:		G:			
Pompa No	Type	Line (In)	Stroke (In)	Rod (In)	Tekanan	BPM	GPM	AV.DP.	AV.DC.	Jat.Vol. FPS					
1	N-1000	6	18	2 7/8	2050	35	437	205	321	175					
2	N-1000	6	18	2 7/8		35	-								
3	N-1100	6	18	3 1/8		0	0								
BX 8 1/2" + Junk Sub + BS+X/O+ 1		DC 6 1/4" + STAR 8 1/2" + KMC 6 1/2"		Total		437		SURVEY SUMUR BERARAH							
+ 17 - DC 6 1/4" + 237 DP 5"								DALAM		ARAH		KEMIRINGAN			
101.48								2496/2476		S 31 W		5 1/4 °			
								170 Klbs							
Clay	Shale	Silt	Limustone	Sandstone	Coal	Marl									
	70-80	30-20	Tr												
	60- 90	40-20													

## Pemakaian material:

- KCI 40 bag.
- PAC-L 7 bag.
- PAC-R 4 bag.
- Barito 200 bag.
- Tong Trim 2 dr
- Block manir 3 bag.
- SAPP 2 bag.
- Shalebox 5 bag.
- Caratic Ilg 40 bag.
- Sodium bisulfat 5 bag.
- US \$ 447.78
- US \$ 1,199,917.75

L.BBM:  
lar : 5489 Ltr.  
ditran S 40 : 50 Ltr.  
rod EP 140 : 60 Ltr.  
rod EP 90 : Ltr.  
F Dex : 10 Ltr.  
Grease : 5 Kg.

AN (DC) Rp54,013,305  
ULATIF (CC) Rp9,608,105,304

RIG SUPERINTENDENT.

SUNARDI



Ho-fac: (0226) 24329

SUNARDI

1000 (38.8) 21/4 2/5 = 2830 (KML)



*HASIL RUNNING PROGRAM*

*METODE AFOSM*

No	Perubah Acak	$\mu$	$\sigma$	Satuan
1	Yield Strength	40908	2045.4	psi
2	Berat pipa dalam lumpur	1.375	0.275	lb/in
3	Radius of curvature	30121.84	6024.368	in
4	Koefisien gesek	0.33	0.0165	
5	Weight on bit	2000	4000	lb

Yield strength ( $\mu$ ) psi	$\sigma$	Keandalan
40091	2004.55	0.7088
40500	2025	0.7422
40908	2045.4	0.7852
41500	2075	0.8352
42147	2107.35	0.9082

No	Perubah Acak	$\mu$	$\sigma$	Satuan
1	Yield Strength	40908	2045.4	psi
2	Beban tarik	123520	6176	lb
3	Berat pipa dalam lumpur	1.375	0.275	lb/in
4	Koefisien gesek	0.33	0.0165	
5	Weight on bit	2000	4000	lb

Radius of curvature ( $\mu$ ) in	$\sigma$	Keandalan
22591.38	4518.276	0.877
27109.66	5421.932	0.8264
30121.84	6024.368	0.7852
38728.08	7745.616	0.7123
54219.315	10843.836	0.5596

No	Perubah Acak	$\mu$	$\sigma$	Satuan
1	Yield Strength	40908	2045.4	psi
2	Beban tarik	123520	6176	lb
3	Berat pipa dalam lumpur	1.375	0.275	lb/in
4	Radius of curvature	30121.84	6024.368	in
5	Weight on bit	2000	4000	lb

Koefisien gesek ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
0.25	0.0125	0.8686
0.3	0.015	0.8133
0.33	0.0165	0.7852
0.35	0.0175	0.7734
0.4	0.02	0.7324

Perubah Acak	$\mu$	$\sigma$	Satuan
Yield Strength (Y)	40091	2004.55	psi
Beban Tarik (Te)	123520	6176	lb
Berat pipa (Wm)	1.375	0.275	lb/in
Radius (R).	30121.84	6024.368	in
Koef. Gesek (m)	0.33	0.0165	
WOB	20000	4000	lb

	Nilai Awal	Iteration-1	Iteration-2	Iteration-3	Iteration-4	Iteration-5	Iteration-6	Iteration-7	Iteration-8	Iteration-9	Iteration-10
alpha Y	-0.005	-0.2637611	-0.3319322	-0.0369227	-0.3304403	-0.3319445	-0.3313226	-0.3313576	-0.3313595	-0.3313587	-0.3313587
alpha Te	-0.007	0.1221082	0.119297	0.1395168	0.1539103	0.1451547	0.1450195	0.1459818	0.1459888	0.1459882	0.1459882
alpha Wm	0.01	0.0623567	0.0724814	0.0513791	0.0648524	0.0568819	0.0569195	0.0544102	0.0543123	0.0543211	0.0532118
alpha R	0.1	0.0600584	0.0719352	0.0614545	0.0648986	0.0684265	0.0711525	0.07155	0.0715308	0.0715502	0.0715506
alpha m	0.003	0.0156507	0.0151877	0.0164977	0.0151745	0.0164995	0.0111491	0.01165	0.0116779	0.0116746	0.011676
alpha WOB	0.07	0.0912041	0.1337844	0.1626442	0.153628	0.1587035	0.1579691	0.1578084	0.157735	0.1577343	0.1577346
Betha	2.135	3.6974171	1.5378997	0.5974641	0.5843677	0.5185109	0.5367316	0.5499974	0.5462474	0.5472155	0.5472148
k	8.05115628	9.0870352	6.8626053	7.8529315	7.9349125	7.9244926	7.9220646	7.9225056	7.9225756	7.9225781	7.9225784

Perubah Acak	$\mu$	$\sigma$	Satuan
Yield Strength (Y)	40500	2025	psi
Beban Tarik (Te)	123520	6176	lb
Berat pipa (Wm)	1.375	0.275	lb/in
Radius (R).	30121.84	in	in
Koef. Gesek (m)	0.33	0.0165	
WOB	20000	lb	lb

	Nilai Awal	Iteration-1	Iteration-2	Iteration-3	Iteration-4	Iteration-5	Iteration-6	Iteration-7	Iteration-8	Iteration-9	Iteration-10
alpha Y	-0.003	-0.264124	-0.271778	-0.272664	-0.279299	-0.279974	-0.279847	-0.279259	-0.279814	-0.279812	-0.279116
alpha Te	-0.001	0.119868	0.136611	0.129165	0.128694	0.127842	0.129313	0.129702	0.129738	0.129775	0.129777
alpha Wm	0.04	0.061679	0.058847	0.057804	0.055017	0.056813	0.056107	0.056282	0.056239	0.056234	0.056237
alpha R	0.08	0.060742	0.058901	0.059549	0.059628	0.059601	0.001001	0.308853	0.004313	0.001437	0.001564
alpha m	0.005	0.015654	0.015596	0.015436	0.0154	0.015347	0.0165	0.014978	0.01762	0.016497	0.016124
alpha WOB	0.07	0.091191	0.08407	0.083545	0.081187	0.08208	0.038204	0.091421	0.07365	0.072121	0.072307
Betha	1.959	5.226911	2.080387	1.652845	1.898474	1.220355	0.883091	0.881802	0.651373	0.651652	0.651662
k	7.66178025	7.778238	7.937971	6.414557	7.131213	8.269981	7.755434	9.520816	8.527577	7.527819	7.527852



Perubah Acak	$\mu$	$\sigma$	Satuan
Yield Strength (Y)	40908	2045.4	psi
Beban Tarik (Te)	123520	6176	lb
Berat pipa (Wm)	1.375	0.275	lb/in
Radius (R).	30121.84	in	in
Koef. Gesek (m)	0.33	0.0165	
WOB	20000	lb	lb

	Nilai Awal	Iteration-1	Iteration-2	Iteration-3	Iteration-4	Iteration-5	Iteration-6	Iteration-7	Iteration-8	Iteration-9	Iteration-10
alpha Y	-0.0002	-0.2592585	-0.2716906	-0.398409	-0.2526832	-0.254728	-0.2541746	-0.2546525	-0.2549855	-0.2546802	-0.2546477
alpha Te	-0.0003	0.1153007	0.1370315	0.1278981	0.3326719	0.3518493	0.3561207	0.3579957	0.3599714	0.3569707	0.3569174
alpha Wm	0.05	0.0613057	0.0580605	0.0784279	0.0715693	0.0668511	0.0614654	0.0664498	0.0638105	0.0663883	0.0663238
alpha R	0.09	0.0601351	0.058143	0.0780013	0.0719474	0.0746293	0.0802959	0.0816807	0.0856783	0.0816608	0.0816401
alpha m	0.01	0.0156891	0.0156009	0.0167573	0.0165	0.0151211	0.0151624	0.0154963	0.0151421	0.0152595	0.0152265
alpha WOB	0.04	0.089396	0.081686	0.1268121	0.0810213	0.0817333	0.0608331	0.0510226	0.0612045	0.0810152	0.0812143
Betha	2.4	6.5510881	6.3588833	2.6323234	0.6486083	1.1099281	0.8482883	0.7621873	0.7863231	0.7882146	0.7884941
k	8.98161217	8.8641032	8.8373203	6.2391856	6.0077262	6.1698847	7.7861832	7.7515269	7.9751638	7.9813786	7.9813768

Perubah Acak	$\mu$	$\sigma$	Satuan
Yield Strength (Y)	41500	2075	psi
Beban Tarik (Te)	123520	6176	lb
Berat pipa (Wm)	1.375	0.275	lb/in
Radius (R).	30121.84	in	in
Koef. Gesek (m)	0.33	0.0165	
WOB	20000	lb	lb

	Nilai Awal	Iteration-1	Iteration-2	Iteration-3	Iteration-4	Iteration-5	Iteration-6	Iteration-7	Iteration-8	Iteration-9	Iteration-10
alpha Y	-0.006	-0.1880339	-0.2641501	-0.2053817	-0.2105467	-0.2159982	-0.2125915	-0.2115796	-0.2155523	-0.2156201	-0.215552
alpha Te	-0.009	0.081202	0.1252705	0.1233216	0.1245972	0.125652	0.1500425	0.1515666	0.1550585	0.1515234	0.1515418
alpha Wm	0.05	0.0619103	0.0581042	0.0301686	0.0879583	0.0520785	0.0504234	0.0494867	0.0704212	0.0524924	0.0524215
alpha R	0.5	0.0446181	0.0593881	0.0240812	0.0109648	0.0505301	0.056399	0.0568902	0.0513985	0.0518655	0.0516586
alpha m	0.03	0.0160656	0.0156595	0.0078006	0.0165	0.0119529	0.0164997	0.0133266	0.0165	0.0168241	0.0167853
alpha WOB	0.2	0.0646998	0.0831348	0.041409	0.0485339	0.0479065	0.0557492	0.0627318	0.0675625	0.0625405	0.0625227
Betha	4.5	6.7758749	5.2954804	4.5735408	1.0963693	1.2018125	1.4239715	1.057518	0.9959766	0.9962744	0.9969017
k	8.75041434	7.232262	6.6537718	6.2030825	8.9321539	8.9524412	9.352971	7.9465417	9.1282548	7.9376732	7.9386732

Perubah Acak	$\mu$	$\sigma$	Satuan
Yield Strength (Y)	42142	2107.35	psi
Beban Tarik (Te)	123520	6176	lb
Berat pipa (Wm)	1.375	0.275	lb/in
Radius (R).	30121.84	6024.368	in
Koef. Gesek (m)	0.33	0.0165	
WOB	20000	4000	lb

	Nilai Awal	Iteration-1	Iteration-2	Iteration-3	Iteration-4	Iteration-5	Iteration-6	Iteration-7	Iteration-8	Iteration-9	Iteration-10
alpha Y	-0.075	-0.2167604	-0.2678565	-0.3715277	0.0013498	-0.3842487	-0.1989928	-0.8790698	-0.1542824	-0.1504186	0.150042
alpha Te	-0.01	0.0923322	0.1211563	0.111078	0.2027177	0.1619771	0.4411443	0.367922	0.6218212	0.2685276	0.2684488
alpha Wm	0.02	0.0625406	0.0592176	0.0750837	0.0080917	0.0650317	0.0031673	0.0033946	0.002332	0.063219	0.0637904
alpha R	0.3	0.0490703	0.0599591	0.0753456	0.0080657	0.0649886	0.0031695	0.0341476	0.0231824	0.8148999	0.8149742
alpha m	0.003	0.0159359	0.0156454	0.0149059	0.0164989	0.0147625	0.0164998	0.0005081	0.0164999	0.3305442	0.3304848
alpha WOB	0.5	0.073337	0.0858866	0.1489948	0.0005918	0.1310708	0.691716	0.3014936	0.0356698	0.6543304	0.6545608
Betha	0.2	4.8694654	1.3475718	0.615097	0.8130956	0.8289065	1.0606684	1.6879463	1.1096548	1.3314786	1.3310569
k	10.1897767	11.1578335	7.9639599	6.7703482	9.7491083	7.2411657	6.1935571	6.588803	6.897481	7.8759005	7.8755013



Perubah Acak	$\mu$	$\sigma$	Satuan
Yield Strength (Y)	40908	2045.4	psi
Beban Tarik (Te)	123520	6176	lb
Berat pipa (Wm)	1.375	0.275	lb/in
Radius (R).	22591.38	4518.276	in
Koef. Gesek (m)	0.33	0.0165	
WOB	20000	4000	lb

	Nilai Awal	Iteration-1	Iteration-2	Iteration-3	Iteration-4	Iteration-5	Iteration-6	Iteration-7	Iteration-8	Iteration-9	Iteration-10
alpha Y	-0.2	-0.2260941	-0.5112665	0.0003053	-0.8585576	-1.6596152	-0.8714013	-0.8751079	-0.5110227	-0.0517002	-0.0518382
alpha Te	-0.01	0.1055803	0.1460944	0.4221979	0.3854291	0.3115702	0.3875064	0.1730432	0.3572573	0.1213801	0.1219494
alpha Wm	0.02	0.0624509	0.0813636	0.0045702	0.0128918	0.0033113	0.0142053	0.4282955	0.322235	0.3507105	0.3502882
alpha R	0.7	0.0374705	0.0666305	0.0055449	0.0211789	0.0020132	0.1870832	0.0204272	0.4143686	0.0658378	0.0653478
alpha m	0.01	0.0158853	0.013403	0.0164996	0.0027341	0.0164999	0.4864499	0.0164966	0.2965441	0.0164594	0.0163477
alpha WOB	0.02	0.0745374	0.2153272	0.0001395	0.2936839	0.3931698	0.3004937	0.390192	0.4485569	0.7023768	0.7024208
Betha	0.3	2.5021692	0.2294604	1.1068424	1.8406124	3.2217024	1.0774716	1.9645381	1.562876	1.5900047	1.5906902
k	5.1067696	10.4849466	7.3785752	7.768578	8.525476	10.5197691	9.339788	8.2139089	7.9212574	7.7308043	7.7304356

Perubah Acak	$\mu$	$\sigma$	Satuan
Yield Strength (Y)	40908	2045.4	psi
Beban Tarik (Te)	123520	6176	lb
Berat pipa (Wm)	1.375	0.275	lb/in
Radius (R).	22591.38	4518.276	in
Koef. Gesek (m)	0.33	0.0165	
WOB	20000	4000	lb

	Nilai Awal	Iteration-1	Iteration-2	Iteration-3	Iteration-4	Iteration-5	Iteration-6	Iteration-7	Iteration-8	Iteration-9	Iteration-10
alpha Y	-0.2	-0.2260941	-0.5112665	0.0003053	-0.8585576	-1.6596152	-0.8714013	-0.8751079	-0.5110227	-0.0517002	-0.0518382
alpha Te	-0.01	0.1055803	0.1460944	0.4221979	0.3854291	0.3115702	0.3875064	0.1730432	0.3572573	0.1213801	0.1219494
alpha Wm	0.02	0.0624509	0.0813636	0.0045702	0.0128918	0.0033113	0.0142053	0.4282955	0.322235	0.3507105	0.3502882
alpha R	0.7	0.0374705	0.0666305	0.0055449	0.0211789	0.0020132	0.1870832	0.0204272	0.4143686	0.0658378	0.0653478
alpha m	0.01	0.0158853	0.013403	0.0164996	0.0027341	0.0164999	0.4864499	0.0164966	0.2965441	0.0164594	0.0163477
alpha WOB	0.02	0.0745374	0.2153272	0.0001395	0.2936839	0.3931698	0.3004937	0.390192	0.4485569	0.7023768	0.7024208
Betha	0.3	2.5021692	0.2294604	1.1068424	1.8406124	3.2217024	1.0774716	1.9645381	1.562876	1.5900047	1.5906902
k	5.1067696	10.4849466	7.3785752	7.768578	8.525476	10.5197691	9.339788	8.2139089	7.9212574	7.7308043	7.7304356



Perubah Acak	$\mu$	$\sigma$	Satuan
Yield Strength (Y)	40908	2045.4	psi
Beban Tarik (Te)	123520	6176	lb
Berat pipa (Wm)	1.375	0.275	lb/in
Radius (R).	38728.08	7745.616	in
Koef. Gesek (m)	0.33	0.0165	
WOB	20000	4000	lb

	Nilai Awal	Iteration-1	Iteration-2	Iteration-3	Iteration-4	Iteration-5	Iteration-6	Iteration-7	Iteration-8	Iteration-9	Iteration-10
alpha Y	-0.007	-0.1664362	-0.7037851	-0.4736091	-0.8658976	-0.5202027	-0.0147049	-0.0101387	-0.0002128	-0.0082517	-0.0016808
alpha Te	-0.01	0.0739426	0.1746341	0.3033839	0.3853235	0.1037803	0.0062582	0.0040447	-0.0096603	0.0038078	0.0003698
alpha Wm	0.03	0.062614	0.1130038	0.0017406	0.1062106	0.0002381	0.9991889	0.0029798	0.0954234	0.0025653	0.0022675
alpha R	0.2	0.0509717	0.0826623	0.0023756	0.0095926	0.0028065	0.0030886	0.0706625	0.0034091	0.0231953	0.0235193
alpha m	0.03	0.0161415	0.0099236	0.0164999	0.0005989	0.0164999	0.0006015	0.0164576	0.0164246	0.0038258	0.0014954
alpha WOB	0.005	0.0574395	0.3047416	0.1816054	0.2984239	0.2317418	0.0052463	0.0037712	0.0098746	0.0002846	0.0007405
Betha	0.99	3.004123	1.1984663	1.3095913	1.536002	0.7659366	1.8977817	0.8192468	0.5440027	0.5582261	0.5589017
k	4.5679493	6.335851	5.714222	5.5676988	6.3065582	5.8158524	5.3182529	5.7156909	5.1737892	5.5571083	5.5594981

Perubah Acak	$\mu$	$\sigma$	Satuan
Yield Strength (Y)	40908	2045.4	psi
Beban Tarik (Te)	123520	6176	lb
Berat pipa (Wm)	1.375	0.275	lb/in
Radius (R).	54219.315	10843.863	in
Koef. Gesek ( $\mu$ )	0.33	0.0165	
WOB	20000	4000	lb

	Nilai Awal	Iteration-1	Iteration-2	Iteration-3	Iteration-4	Iteration-5	Iteration-6	Iteration-7	Iteration-8	Iteration-9	Iteration-10
alpha Y	-0.009	-0.1205909	-0.4578229	-0.3581595	-0.8697814	0.1766066	-0.3019667	0.4757059	-0.7038861	-0.0275559	-0.0277228
alpha Te	-0.04	0.0530476	0.1434042	0.3356797	0.3877251	0.4242944	0.1344455	0.7219541	0.8390271	0.0830382	0.083661
alpha Wm	0.02	0.0642523	0.1195469	0.0029039	0.0085156	0.0012924	0.938025	0.0843739	0.0999997	0.0104982	0.010895
alpha R	0.2	0.0516026	0.0963013	0.0035915	0.0104592	0.0010683	0.0800634	0.0326041	0.4947287	0.064777	0.064198
alpha m	0.04	0.0162849	0.0139112	0.0164998	0.0009583	0.0165	0.0726395	0.0164912	0.0129884	0.0164441	0.01555
alpha WOB	0.001	0.0419564	0.1882595	0.3079422	0.2993239	0.1987335	0.1040242	0.1138981	0.184494	0.1149832	0.1151871
Betha	0.25	2.8606224	2.3206546	1.0510447	2.0450171	1.8654736	0.0389528	0.1875991	0.1562785	0.1515429	0.1519017
k	6.0273149	10.232087	9.4786768	9.6182187	8.2068487	8.3540362	7.5875812	8.8313612	8.7018625	8.1566462	8.1574452

Perubah Acak	$\mu$	$\sigma$	Satuan
Yield Strength (Y)	40908	2045.4	psi
Beban Tarik (Te)	123520	6176	lb
Berat pipa (Wm)	1.375	0.275	lb/in
Radius (R).	30121.84	6064.368	in
Koef. Gesek (m)	0.25	0.0125	
WOB	20000	4000	lb

	Nilai Awal	Iteration-1	Iteration-2	Iteration-3	Iteration-4	Iteration-5	Iteration-6	Iteration-7	Iteration-8	Iteration-9	Iteration-10
alpha Y	-0.2	-0.1629498	-0.3106955	0.027717	-0.6904181	-0.0256038	-0.8007664	-0.5321945	-0.8696134	-0.5866683	-0.586714
alpha Te	-0.001	0.0762651	0.0906717	0.0436709	0.3096713	0.0484911	0.3552425	0.2832609	0.3871547	0.1124316	0.1121207
alpha Wm	0.0025	0.0493555	0.0722986	0.0042782	0.043552	0.0014868	0.0370979	0.0012841	0.060264	0.0083631	0.0085604
alpha R	0.02	0.0485087	0.0715758	0.0043193	0.0442408	0.0014633	0.0356202	0.001337	0.0209392	0.0070747	0.0075414
alpha m	0.04	0.0122473	0.0116454	0.0124998	0.0075799	0.0125	0.0048954	0.0125	0.0968225	0.0105	0.0105993
alpha WOB	0.5	0.0535976	0.1301995	0.0001258	0.2363509	0.1141939	0.2766888	0.9144384	0.2995889	0.2521284	0.2525634
Betha	0.5	2.5350427	2.1439319	2.4850965	2.2034037	2.7809057	2.9153051	1.0289854	1.1253018	1.1221623	1.1229017
k	7.75618099	5.7644792	8.9995129	8.5512092	8.2301966	8.7543105	8.741314	8.459498	7.9913963	7.0852284	7.0849904

Perubah Acak	$\mu$	$\sigma$	Satuan
Yield Strength (Y)	40908	2045.4	psi
Beban Tarik (Te)	123520	6176	lb
Berat pipa (Wm)	1.375	0.275	lb/in
Radius (R).	30121.84	6064.368	in
Koef. Gesek (m)	0.3	0.015	
WOB	20000	4000	lb

	Nilai Awal	Iteration-1	Iteration-2	Iteration-3	Iteration-4	Iteration-5	Iteration-6	Iteration-7	Iteration-8	Iteration-9	Iteration-10
alpha Y	-0.2	-0.16328	-0.5007927	0.0155698	-0.871441	-0.5406873	-0.1334722	-0.000325	-0.0052941	-0.1633466	-0.1674366
alpha Te	-0.001	0.0768221	0.1334355	0.3643226	0.3876843	0.1096139	0.0593139	0.4533407	0.0122389	0.0126147	0.0149105
alpha Wm	0.0025	0.0592006	0.1035526	0.0020579	0.0014299	0.0001424	0.988203	0.0002007	0.1253006	0.0605324	0.0564685
alpha R	0.02	0.0580855	0.1012808	0.0021039	0.0068305	0.2991301	0.0866508	0.0475106	0.3098654	0.0587275	0.0457898
alpha m	0.04	0.0146794	0.0122283	0.0149999	0.1270954	0.0149998	0.7587255	0.0149831	0.0148814	0.0146798	0.014593
alpha WOB	0.5	0.0534163	0.2140833	0.3856797	0.3004033	0.4703571	0.0460527	0.0001485	0.0018973	0.0563443	0.0520456
Betha	1.5	2.9086166	3.6131115	2.9066284	2.8011433	2.7369161	1.934339	1.5411302	0.8619084	0.8939798	0.8942544



*HASIL RUNNING PROGRAM  
SIMULASI MONTE CARLO*



No	Perubah Acak	$\mu$	$\sigma$	Satuan
1	Berat pipa dalam lumpur	1.375	0.275	lb/in
2	Radius of curvature	30121.84	6024.368	in
3	Koefisien gesek	0.33	0.0165	
4	Weight on bit	20000	4000	lb

\* **Beban tarik ( $\mu = 120035$   $\sigma = 6001.75$  lb)**

Yield Strength ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
40091	2004.55	0.7648
40500	2025	0.8097
40908	2045.4	0.8517
41500	2075	0.8939
42147	2107.35	0.9363

\* **Beban tarik ( $\mu = 122000$   $\sigma = 6100$  lb)**

Yield Strength ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
40091	2004.55	0.7247
40500	2025	0.775
40908	2045.4	0.8284
41500	2075	0.8746
42147	2107.35	0.9185

\* **Beban tarik ( $\mu = 123520$   $\sigma = 6176$  lb)**

Yield Strength ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
40091	2004.55	0.6891
40500	2025	0.7429
40908	2045.4	0.794
41500	2075	0.8534
42147	2107.35	0.9015

\* **Beban tarik ( $\mu = 126000$   $\sigma = 6300$  lb)**

Yield Strength ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
40091	2004.55	0.6262
40500	2025	0.688
40908	2045.4	0.7381
41500	2075	0.8067
42147	2107.35	0.8734

\* **Beban tarik ( $\mu = 129730$   $\sigma = 6486.5$  lb)**

Yield Strength ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
40091	2004.55	0.5323
40500	2025	0.5911
40908	2045.4	0.6515
41500	2075	0.738
42147	2107.35	0.8103

No	Perubah Acak	$\mu$	$\sigma$	Satuan
1	Beban tarik	123520	6176	lb
2	Radius of curvature	30121.84	6024.368	in
3	Koefisien gesek	0.33	0.0165	
4	Weight on bit	20000	4000	lb

\* Berat pipa dalam lumpur ( $\mu = 0.75$   $\sigma = 0.15$  lb/in)

Yield Strength ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
40091	2004.55	0.8207
40500	2025	0.8594
40908	2045.4	0.8961
41500	2075	0.9297
42147	2107.35	0.9545

\* Berat pipa dalam lumpur ( $\mu = 1$   $\sigma = 0.2$  lb/in)

Yield Strength ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
40091	2004.55	0.7819
40500	2025	0.8154
40908	2045.4	0.8594
41500	2075	0.8892
42147	2107.35	0.9408

\* Berat pipa dalam lumpur ( $\mu = 1.375$   $\sigma = 0.275$  lb/in)

Yield Strength ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
40091	2004.55	0.6891
40500	2025	0.7429
40908	2045.4	0.794
41500	2075	0.8534
42147	2107.35	0.9015

\* Berat pipa dalam lumpur ( $\mu = 1.6$   $\sigma = 0.32$  lb/in)

Yield Strength ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
40091	2004.55	0.6279
40500	2025	0.6908
40908	2045.4	0.7438
41500	2075	0.8252
42147	2107.35	0.8838

\* Berat pipa dalam lumpur ( $\mu = 2$   $\sigma = 0.4$  lb/in)

Yield Strength ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
40091	2004.55	0.5113
40500	2025	0.5828
40908	2045.4	0.6516
41500	2075	0.7175
42147	2107.35	0.8122

No	Perubah Acak	$\mu$	$\sigma$	Satuan
1	Beban tarik	123520	6176	lb
2	Berat pipa dalam lumpur	1.375	0.275	lb/in
3	Koefisien gesek	0.33	0.0165	
4	Weight on bit	20000	4000	lb

\* **Radius of curvature ( $\mu = 22591.98$   $\sigma = 4518.276$  in)**

Yield Strength ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
40091	2004.55	0.7753
40500	2025	0.809
40908	2045.4	0.8595
41500	2075	0.8975
42147	2107.35	0.9222

\* **Radius of curvature ( $\mu = 27109.66$   $\sigma = 5421.932$  in)**

Yield Strength ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
40091	2004.55	0.7189
40500	2025	0.7697
40908	2045.4	0.8131
41500	2075	0.8725
42147	2107.35	0.9167

\* **Radius of curvature ( $\mu = 30121.84$   $\sigma = 6024.368$  in)**

Yield Strength ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
40091	2004.55	0.6891
40500	2025	0.7429
40908	2045.4	0.794
41500	2075	0.8534
42147	2107.35	0.9015

\* **Radius of curvature ( $\mu = 38728.08$   $\sigma = 7745.616$  in)**

Yield Strength ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
40091	2004.55	0.5865
40500	2025	0.6517
40908	2045.4	0.7004
41500	2075	0.7669
42147	2107.35	0.8336

\* **Radius of curvature ( $\mu = 54219.315$   $\sigma = 10843.863$  in)**

Yield Strength ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
40091	2004.55	0.3991
40500	2025	0.4822
40908	2045.4	0.5344
41500	2075	0.6175
42147	2107.35	0.7083



No	Perubah Acak	$\mu$	$\sigma$	Satuan
1	Beban tarik	123520	6176	lb
2	Berat pipa dalam lumpur	1.375	0.275	lb/in
3	Radius of curvature	30121.84	6024.368	in
4	Weight on bit	20000	4000	lb

\* **Koefisien gesek ( $\mu = 0.25$   $\sigma = 0.0125$ )**

Yield Strength ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
40091	2004.55	0.7631
40500	2025	0.8113
40908	2045.4	0.8538
41500	2075	0.899
42147	2107.35	0.9342

\* **Koefisien gesek ( $\mu = 0.3$   $\sigma = 0.015$ )**

Yield Strength ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
40091	2004.55	0.7413
40500	2025	0.7869
40908	2045.4	0.8156
41500	2075	0.8747
42147	2107.35	0.9334

\* **Koefisien gesek ( $\mu = 0.33$   $\sigma = 0.0165$ )**

Yield Strength ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
40091	2004.55	0.6891
40500	2025	0.7429
40908	2045.4	0.794
41500	2075	0.8534
42147	2107.35	0.9015

\* **Koefisien gesek ( $\mu = 0.35$   $\sigma = 0.0175$ )**

Yield Strength ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
40091	2004.55	0.6619
40500	2025	0.7298
40908	2045.4	0.7764
41500	2075	0.8213
42147	2107.35	0.8819

\* **Koefisien gesek ( $\mu = 0.4$   $\sigma = 0.02$ )**

Yield Strength ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
40091	2004.55	0.6088
40500	2025	0.6814
40908	2045.4	0.7325
41500	2075	0.7947
42147	2107.35	0.8656

No	Perubah Acak	$\mu$	$\sigma$	Satuan
1	Beban tarik	123520	6176	lb
2	Berat pipa dalam lumpur	1.375	0.275	lb/in
3	Radius of curvature	30121.84	6024.368	in
4	Koefisien gesek	0.33	0.0165	lb

\* **Weight on bit ( $\mu = 10000$   $\sigma = 2000$  lb)**

Yield Strength ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
40091	2004.55	0.8911
40500	2025	0.9149
40908	2045.4	0.9309
41500	2075	0.9585
42147	2107.35	0.9771

\* **Weight on bit ( $\mu = 15000$   $\sigma = 3000$  lb)**

Yield Strength ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
40091	2004.55	0.8093
40500	2025	0.8417
40908	2045.4	0.8782
41500	2075	0.9079
42147	2107.35	0.9505

\* **Weight on bit ( $\mu = 20000$   $\sigma = 4000$  lb)**

Yield Strength ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
40091	2004.55	0.6891
40500	2025	0.7429
40908	2045.4	0.794
41500	2075	0.8534
42147	2107.35	0.9015

\* **Weight on bit ( $\mu = 25000$   $\sigma = 5000$  lb)**

Yield Strength ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
40091	2004.55	0.5514
40500	2025	0.6355
40908	2045.4	0.6764
41500	2075	0.7498
42147	2107.35	0.8321

\* **Weight on bit ( $\mu = 30000$   $\sigma = 6000$  lb)**

Yield Strength ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
40091	2004.55	0.4119
40500	2025	0.4833
40908	2045.4	0.542
41500	2075	0.6254
42147	2107.35	0.7169

No	Perubah Acak	$\mu$	$\sigma$	Satuan
1	Yield Strength	40908	2045.4	psi
2	Radius of curvature	30121.84	6024.368	in
3	Koefisien gesek	0.33	0.0165	
4	Weight on bit	20000	4000	lb

\* Berat pipa dalam lumpur ( $\mu = 0.75$   $\sigma = 0.15$  lb/in)

Beban tarik ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
120035	6001.75	0.9329
122000	6100	0.9097
123520	6176	0.8961
126000	6300	0.8259
129730	6486.5	0.7921

\* Berat pipa dalam lumpur ( $\mu = 1$   $\sigma = 0.2$  lb/in)

Beban tarik ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
120035	6001.75	0.9065
122000	6100	0.8742
123520	6176	0.8594
126000	6300	0.78287
129730	6486.5	0.7405

\* Berat pipa dalam lumpur ( $\mu = 1.375$   $\sigma = 0.275$  lb/in)

Beban tarik ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
120035	6001.75	0.8517
122000	6100	0.8284
123520	6176	0.794
126000	6300	0.7381
129730	6486.5	0.6515

\* Berat pipa dalam lumpur ( $\mu = 1.6$   $\sigma = 0.32$  lb/in)

Beban tarik ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
120035	6001.75	0.8184
122000	6100	0.7743
123520	6176	0.7438
126000	6300	0.6808
129730	6486.5	0.5952

\* Berat pipa dalam lumpur ( $\mu = 2$   $\sigma = 0.4$  lb/in)

Beban tarik ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
120035	6001.75	0.7332
122000	6100	0.6847
123520	6176	0.6516
126000	6300	0.5821
129730	6486.5	0.4955



No	Perubah Acak	$\mu$	$\sigma$	Satuan
1	Yield Strength	40908	2045.4	psi
2	Berat pipa dalam lumpur	1.375	0.275	lb/in
3	Koefisien gesek	0.33	0.0165	
4	Weight on bit	20000	4000	lb

\* **Radius of curvature ( $\mu = 22591.38$   $\sigma = 4518.276$  in)**

Beban tarik ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
120035	6001.75	0.9014
122000	6100	0.8802
123520	6176	0.8595
126000	6300	0.7988
129730	6486.5	0.7242

\* **Radius of curvature ( $\mu = 27109.66$   $\sigma = 5421.932$  in)**

Beban tarik ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
120035	6001.75	0.8728
122000	6100	0.8457
123520	6176	0.8131
126000	6300	0.7642
129730	6486.5	0.6936

\* **Radius of curvature ( $\mu = 30121.84$   $\sigma = 6024.368$  in)**

Beban tarik ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
120035	6001.75	0.8517
122000	6100	0.8284
123520	6176	0.794
126000	6300	0.7381
129730	6486.5	0.6515

\* **Radius of curvature ( $\mu = 38728.08$   $\sigma = 7745.616$  in)**

Beban tarik ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
120035	6001.75	0.7795
122000	6100	0.7355
123520	6176	0.7004
126000	6300	0.6383
129730	6486.5	0.5477

\* **Radius of curvature ( $\mu = 54219.315$   $\sigma = 10843.863$  in)**

Beban tarik ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
120035	6001.75	0.6131
122000	6100	0.5679
123520	6176	0.5344
126000	6300	0.4853
129730	6486.5	0.3919

No	Perubah Acak	$\mu$	$\sigma$	Satuan
1	Yield Strength	40908	2045.4	psi
2	Berat pipa dalam lumpur	1.375	0.275	lb/in
3	Radius of curvature	30121.84	6024.368	in
4	Weight on bit	20000	4000	lb

\* **Koefisien gesek ( $\mu = 0.25$   $\sigma = 0.0125$ )**

Beban tarik ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
120035	6001.75	0.8997
122000	6100	0.8694
123520	6176	0.8538
126000	6300	0.8067
129730	6486.5	0.7359

\* **Koefisien gesek ( $\mu = 0.3$   $\sigma = 0.015$ )**

Beban tarik ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
120035	6001.75	0.8725
122000	6100	0.8398
123520	6176	0.8156
126000	6300	0.7612
129730	6486.5	0.6869

\* **Koefisien gesek ( $\mu = 0.33$   $\sigma = 0.0165$ )**

Beban tarik ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
120035	6001.75	0.8517
122000	6100	0.8284
123520	6176	0.794
126000	6300	0.7381
129730	6486.5	0.6515

\* **Koefisien gesek ( $\mu = 0.35$   $\sigma = 0.0175$ )**

Beban tarik ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
120035	6001.75	0.8225
122000	6100	0.7978
123520	6176	0.7764
126000	6300	0.7153
129730	6486.5	0.6435

\* **Koefisien gesek ( $\mu = 0.4$   $\sigma = 0.02$ )**

Beban tarik ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
120035	6001.75	0.8047
122000	6100	0.7689
123520	6176	0.7325
126000	6300	0.6777
129730	6486.5	0.5958

No	Perubah Acak	$\mu$	$\sigma$	Satuan
1	Yield Strength	40908	2045.4	psi
2	Berat pipa dalam lumpur	1.375	0.275	lb/in
3	Radius of curvature	30121.84	6024.368	in
4	Koefisien gesek	0.33	0.0165	

\* **Weight on bit ( $\mu = 10000$   $\sigma = 2000$  lb)**

Beban tarik ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
120035	6001.75	0.9638
122000	6100	0.9495
123520	6176	0.9309
126000	6300	0.9064
129730	6486.5	0.8632

\* **Weight on bit ( $\mu = 15000$   $\sigma = 3000$  lb)**

Beban tarik ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
120035	6001.75	0.9281
122000	6100	0.9002
123520	6176	0.8782
126000	6300	0.8321
129730	6486.5	0.7691

\* **Weight on bit ( $\mu = 20000$   $\sigma = 4000$  lb)**

Beban tarik ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
120035	6001.75	0.8517
122000	6100	0.8284
123520	6176	0.794
126000	6300	0.7381
129730	6486.5	0.6515

\* **Weight on bit ( $\mu = 25000$   $\sigma = 5000$  lb)**

Beban tarik ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
120035	6001.75	0.7399
122000	6100	0.7013
123520	6176	0.6764
126000	6300	0.6046
129730	6486.5	0.5181

\* **Weight on bit ( $\mu = 30000$   $\sigma = 6000$  lb)**

Beban tarik ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
120035	6001.75	0.6245
122000	6100	0.5804
123520	6176	0.542
126000	6300	0.4731
129730	6486.5	0.3879



No	Perubah Acak	$\mu$	$\sigma$	Satuan
1	Yield Strength	40908	2045.4	psi
2	Beban tarik	123520	6176	lb
3	Koefisien gesek	0.33	0.0165	
4	Weight on bit	20000	4000	lb

\* **Radius of curvature ( $\mu = 22591.38$   $\sigma = 4518.276$  in)**

Berat pipa dalam lumpur ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
0.75	0.15	0.9199
1	0.2	0.8846
1.375	0.275	0.8595
1.6	0.32	0.8167
2	0.4	0.7549

\* **Radius of curvature ( $\mu = 27109.66$   $\sigma = 5421.932$  in)**

Berat pipa dalam lumpur ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
0.75	0.15	0.9049
1	0.2	0.8525
1.375	0.275	0.8131
1.6	0.32	0.7593
2	0.4	0.6984

\* **Radius of curvature ( $\mu = 30121.84$   $\sigma = 6024.368$  in)**

Berat pipa dalam lumpur ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
0.75	0.15	0.8961
1	0.2	0.8594
1.375	0.275	0.794
1.6	0.32	0.7438
2	0.4	0.6516

\* **Radius of curvature ( $\mu = 38728.08$   $\sigma = 7745.616$  in)**

Berat pipa dalam lumpur ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
0.75	0.15	0.8731
1	0.2	0.7843
1.375	0.275	0.7004
1.6	0.32	0.6148
2	0.4	0.4939

\* **Radius of curvature ( $\mu = 54219.315$   $\sigma = 10843.863$  in)**

Berat pipa dalam lumpur ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
0.75	0.15	0.7934
1	0.2	0.6401
1.375	0.275	0.5344
1.6	0.32	0.4578
2	0.4	0.2798

No	Perubah Acak	$\mu$	$\sigma$	Satuan
1	Yield Strength	40908	2045.4	psi
2	Beban tarik	123520	6176	lb
3	Radius of curvature	30121.84	6024.368	in
4	Weight on bit	20000	4000	lb

\* **Koefisien gesek ( $\mu = 0.25$   $\sigma = 0.0125$ )**

Berat pipa dalam lumpur ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
0.75	0.15	0.9188
1	0.2	0.8825
1.375	0.275	0.8538
1.6	0.32	0.8179
2	0.4	0.7655

\* **Koefisien gesek ( $\mu = 0.3$   $\sigma = 0.015$ )**

Berat pipa dalam lumpur ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
0.75	0.15	0.9012
1	0.2	0.8525
1.375	0.275	0.8156
1.6	0.32	0.7695
2	0.4	0.6902

\* **Koefisien gesek ( $\mu = 0.33$   $\sigma = 0.0165$ )**

Berat pipa dalam lumpur ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
0.75	0.15	0.8961
1	0.2	0.8594
1.375	0.275	0.794
1.6	0.32	0.7438
2	0.4	0.6516

\* **Koefisien gesek ( $\mu = 0.35$   $\sigma = 0.0175$ )**

Berat pipa dalam lumpur ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
0.75	0.15	0.8911
1	0.2	0.8257
1.375	0.275	0.7764
1.6	0.32	0.7075
2	0.4	0.6129

\* **Koefisien gesek ( $\mu = 0.4$   $\sigma = 0.02$ )**

Berat pipa dalam lumpur ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
0.75	0.15	0.8767
1	0.2	0.7969
1.375	0.275	0.7325
1.6	0.32	0.6503
2	0.4	0.5414

No	Perubah Acak	$\mu$	$\sigma$	Satuan
1	Yield Strength	40908	2045.4	psi
2	Beban tarik	123520	6176	lb
3	Radius of curvature	30121.84	6024.368	in
4	Koefisien gesek	0.33	0.0165	

\* **Weight on bit ( $\mu = 10000$   $\sigma = 2000$  lb)**

Berat pipa dalam lumpur ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
0.75	0.15	0.9735
1	0.2	0.9543
1.375	0.275	0.9309
1.6	0.32	0.9098
2	0.4	0.8571

\* **Weight on bit ( $\mu = 15000$   $\sigma = 3000$  lb)**

Berat pipa dalam lumpur ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
0.75	0.15	0.9408
1	0.2	0.9025
1.375	0.275	0.8782
1.6	0.32	0.8232
2	0.4	0.7623

\* **Weight on bit ( $\mu = 20000$   $\sigma = 4000$  lb)**

Berat pipa dalam lumpur ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
0.75	0.15	0.8961
1	0.2	0.8594
1.375	0.275	0.794
1.6	0.32	0.7438
2	0.4	0.6516

\* **Weight on bit ( $\mu = 25000$   $\sigma = 5000$  lb)**

Berat pipa dalam lumpur ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
0.75	0.15	0.7895
1	0.2	0.7223
1.375	0.275	0.6764
1.6	0.32	0.6079
2	0.4	0.5142

\* **Weight on bit ( $\mu = 30000$   $\sigma = 6000$  lb)**

Berat pipa dalam lumpur ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
0.75	0.15	0.5673
1	0.2	0.5545
1.375	0.275	0.542
1.6	0.32	0.439
2	0.4	0.2981



No	Perubah Acak	$\mu$	$\sigma$	Satuan
1	Yield Strength	40908	2045.4	psi
2	Beban tarik	123520	6176	lb
3	Berat pipa dalam lumpur	1.375	0.275	lb/in
4	Weight on bit	20000	4000	lb

\* **Koefisien gesek ( $\mu = 0.25$   $\sigma = 0.0125$ )**

Radius of curvature ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
22591.38	4518.276	0.8955
27109.66	5421.932	0.8701
30121.84	6024.368	0.8538
38728.08	7745.616	0.7846
54219.315	10843.863	0.6875

\* **Koefisien gesek ( $\mu = 0.3$   $\sigma = 0.015$ )**

Radius of curvature ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
22591.38	4518.276	0.8691
27109.66	5421.932	0.8433
30121.84	6024.368	0.8156
38728.08	7745.616	0.7147
54219.315	10843.863	0.5902

\* **Koefisien gesek ( $\mu = 0.33$   $\sigma = 0.0165$ )**

Radius of curvature ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
22591.38	4518.276	0.8595
27109.66	5421.932	0.8131
30121.84	6024.368	0.794
38728.08	7745.616	0.7004
54219.315	10843.863	0.5344

\* **Koefisien gesek ( $\mu = 0.35$   $\sigma = 0.0175$ )**

Radius of curvature ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
22591.38	4518.276	0.8501
27109.66	5421.932	0.8064
30121.84	6024.368	0.7764
38728.08	7745.616	0.6445
54219.315	10843.863	0.4673

\* **Koefisien gesek ( $\mu = 0.4$   $\sigma = 0.02$ )**

Radius of curvature ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
22591.38	4518.276	0.8081
27109.66	5421.932	0.7612
30121.84	6024.368	0.7325
38728.08	7745.616	0.6013
54219.315	10843.863	0.3995

No	Perubah Acak	$\mu$	$\sigma$	Satuan
1	Yield Strength	40908	2045.4	psi
2	Beban tarik	123520	6176	lb
3	Berat pipa dalam lumpur	1.375	0.275	lb/in
4	Koefisien gesek	0.33	0.0165	

\* **Weight on bit ( $\mu = 10000$   $\sigma = 2000$  lb)**

Radius of curvature ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
22591.38	4518.276	0.9583
27109.66	5421.932	0.9398
30121.84	6024.368	0.9309
38728.08	7745.616	0.8759
54219.315	10843.863	0.7971

\* **Weight on bit ( $\mu = 15000$   $\sigma = 3000$  lb)**

Radius of curvature ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
22591.38	4518.276	0.9286
27109.66	5421.932	0.8898
30121.84	6024.368	0.8782
38728.08	7745.616	0.7769
54219.315	10843.863	0.6534

\* **Weight on bit ( $\mu = 20000$   $\sigma = 4000$  lb)**

Radius of curvature ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
22591.38	4518.276	0.8595
27109.66	5421.932	0.8131
30121.84	6024.368	0.794
38728.08	7745.616	0.7004
54219.315	10843.863	0.5344

\* **Weight on bit ( $\mu = 25000$   $\sigma = 5000$  lb)**

Radius of curvature ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
22591.38	4518.276	0.7401
27109.66	5421.932	0.7054
30121.84	6024.368	0.6764
38728.08	7745.616	0.5691
54219.315	10843.863	0.3988

\* **Weight on bit ( $\mu = 30000$   $\sigma = 6000$  lb)**

Radius of curvature ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
22591.38	4518.276	0.6338
27109.66	5421.932	0.5891
30121.84	6024.368	0.542
38728.08	7745.616	0.4269
54219.315	10843.863	0.2777

No	Perubah Acak	$\mu$	$\sigma$	Satuan
1	Yield Strength	40908	2045.4	psi
2	Beban tarik	123520	6176	lb
3	Berat pipa dalam lumpur	1.375	0.275	lb/in
4	Radius of curvature	30121.84	6024.368	in

\* **Weight on bit ( $\mu = 10000$   $\sigma = 2000$  lb)**

Koefisien gesek ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
0.25	0.0125	0.9646
0.3	0.015	0.9492
0.33	0.0165	0.9309
0.35	0.0175	0.9232
0.4	0.02	0.9073

\* **Weight on bit ( $\mu = 15000$   $\sigma = 3000$  lb)**

Koefisien gesek ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
0.25	0.0125	0.9225
0.3	0.015	0.8901
0.33	0.0165	0.8782
0.35	0.0175	0.8589
0.4	0.02	0.8273

\* **Weight on bit ( $\mu = 20000$   $\sigma = 4000$  lb)**

Koefisien gesek ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
0.25	0.0125	0.8538
0.3	0.015	0.8156
0.33	0.0165	0.794
0.35	0.0175	0.7764
0.4	0.02	0.7325

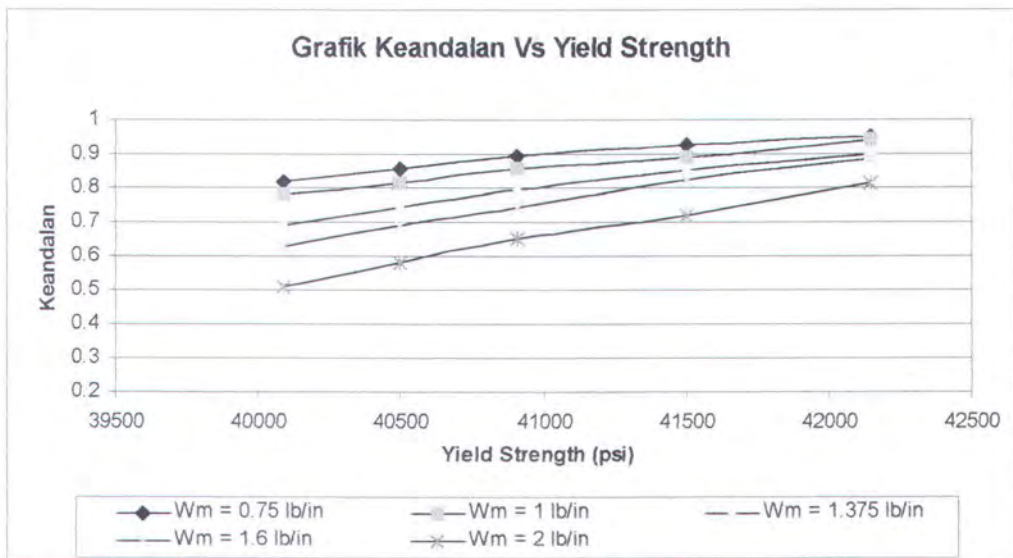
\* **Weight on bit ( $\mu = 25000$   $\sigma = 5000$  lb)**

Koefisien gesek ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
0.25	0.0125	0.7553
0.3	0.015	0.7067
0.33	0.0165	0.6764
0.35	0.0175	0.6475
0.4	0.02	0.5952

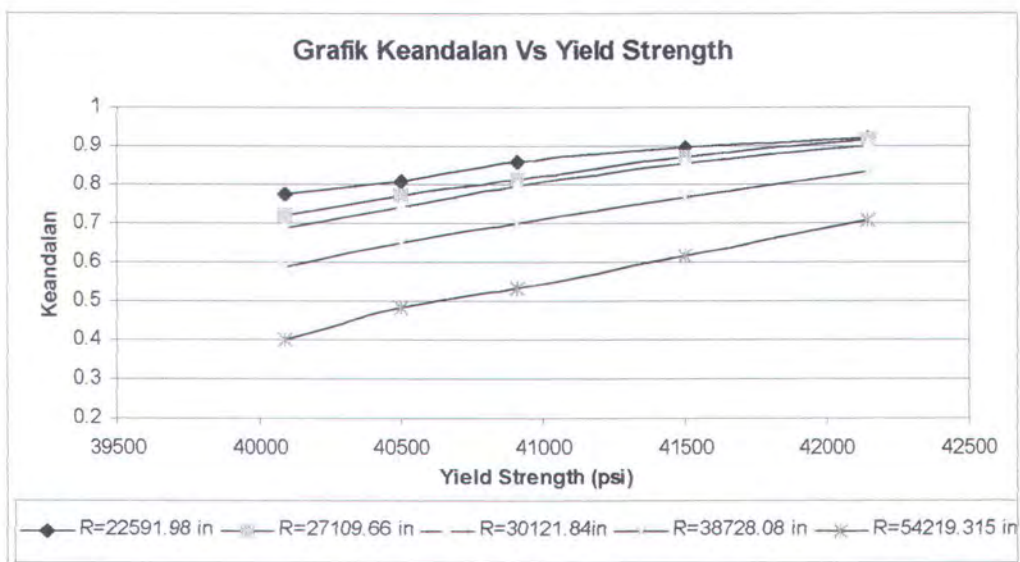
\* **Weight on bit ( $\mu = 30000$   $\sigma = 6000$  lb)**

Koefisien gesek ( $\mu$ )	$\sigma$	Keandalan
0.25	0.0125	0.6231
0.3	0.015	0.5778
0.33	0.0165	0.542
0.35	0.0175	0.5167
0.4	0.02	0.4649

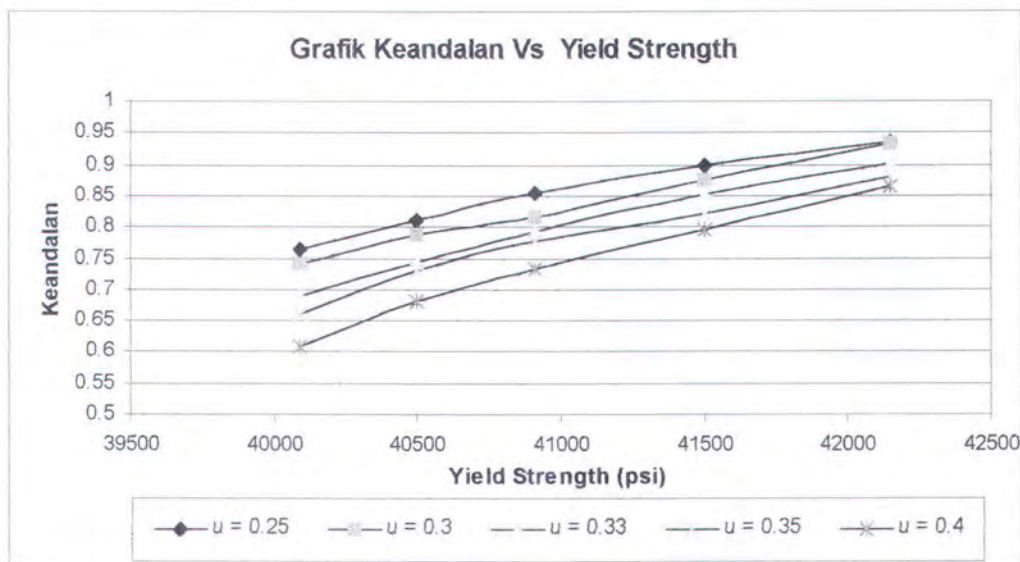




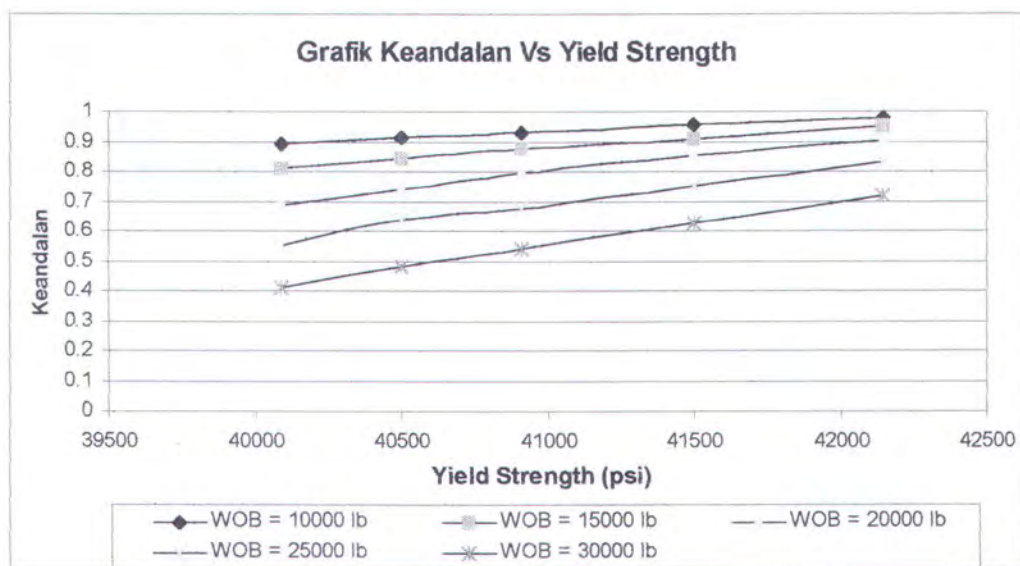
Grafik **Keandalan vs yield strength** (untuk beban tarik ( $\mu = 123520$   $\sigma = 6176$  lb), *radius of curvature* ( $\mu = 30121.84$   $\sigma = 6024,368$  in), koefisien gesek ( $\mu = 0.33$   $\sigma = 0.0165$ ), *weight on bit* ( $\mu = 20000$   $\sigma = 4000$  lb) dengan variasi berat pipa dalam lumpur).



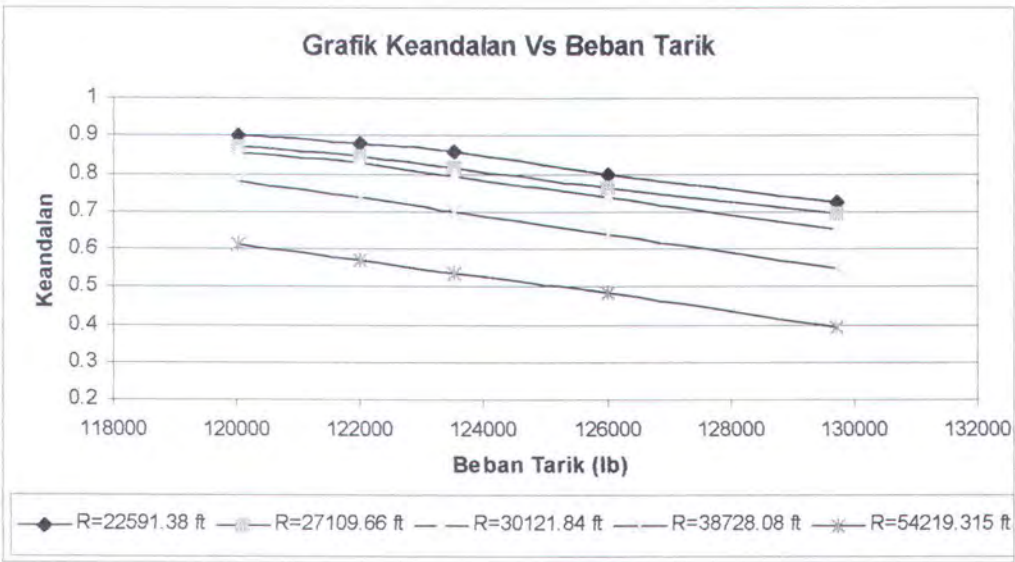
Grafik **Keandalan vs yield strength** (untuk beban tarik ( $\mu = 123520$   $\sigma = 6176$  lb), berat pipa dalam lumpur ( $\mu = 1,375$   $\sigma = 0,275$  lb/in), koefisien gesek ( $\mu = 0.33$   $\sigma = 0.0165$ ), *weight on bit* ( $\mu = 20000$   $\sigma = 4000$  lb) dengan variasi *radius of curvature*).



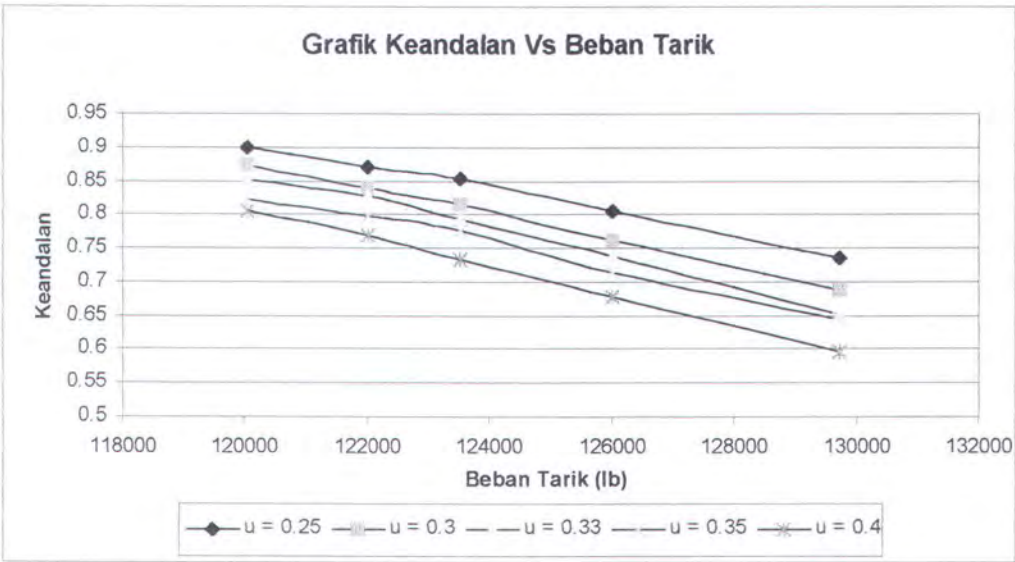
Grafik **Keandalan vs yield strength** (untuk beban tarik ( $\mu = 123520$   $\sigma = 6176$  lb), berat pipa dalam lumpur ( $\mu = 1,375$   $\sigma = 0,275$  lb/in), *radius of curvature* ( $\mu = 30121,84$   $\sigma = 6024,368$  in), *weight on bit* ( $\mu = 20000$   $\sigma = 4000$  lb) dengan variasi koefisien gesek).



Grafik **Keandalan vs yield strength** (untuk beban tarik ( $\mu = 123520$   $\sigma = 6176$  lb), berat pipa dalam lumpur ( $\mu = 1,375$   $\sigma = 0,275$  lb/in), *radius of curvature* ( $\mu = 30121,84$   $\sigma = 6024,368$  in), koefisien gesek ( $\mu = 0,33$   $\sigma = 0,0165$ ) dengan variasi *weight on bit*).

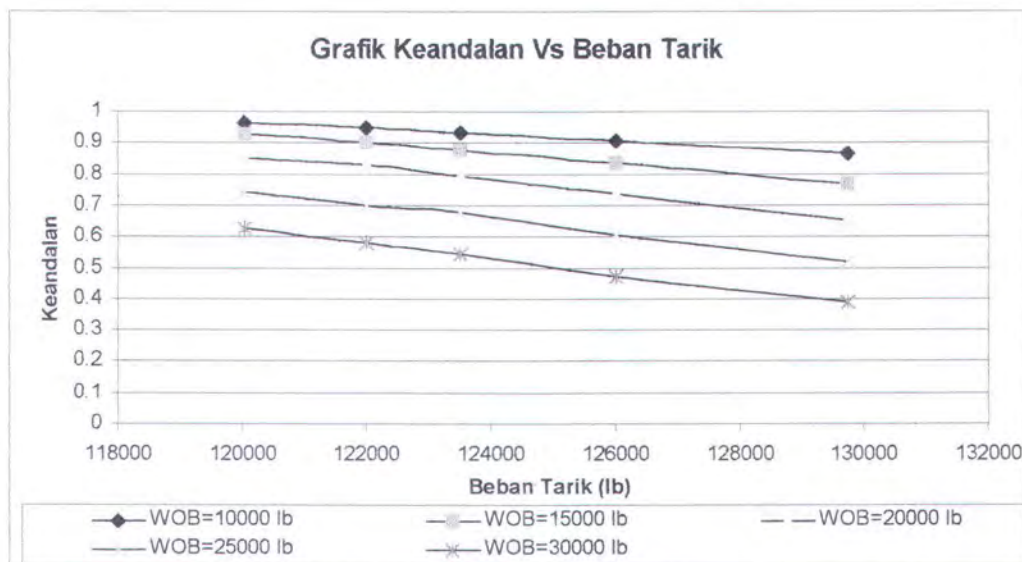


Grafik **Keandalan vs beban tarik** (untuk *yield strength* ( $\mu = 40908$   $\sigma = 2045,4$  psi), berat pipa dalam lumpur ( $\mu = 1,375$   $\sigma = 0,275$  lb/in), koefisien gesek ( $\mu = 0,33$   $\sigma = 0,0165$ ), *weight on bit* ( $\mu = 20000$   $\sigma = 4000$  lb), dengan variasi *radius of curvature*).

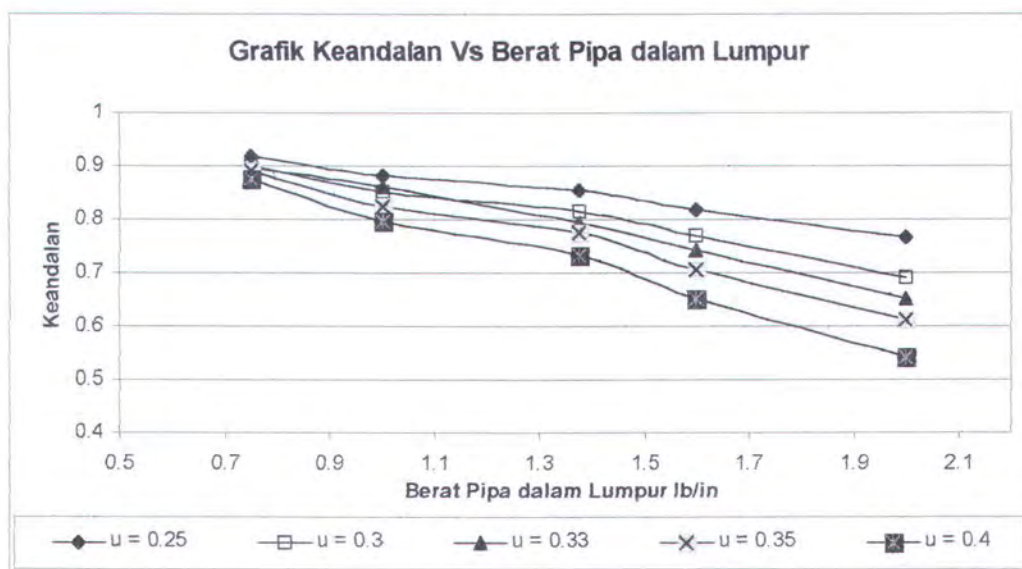


Grafik **Keandalan vs beban tarik** (untuk *yield strength* ( $\mu = 40908$   $\sigma = 2045,4$  psi), berat pipa dalam lumpur ( $\mu = 1,375$   $\sigma = 0,275$  lb/in), *radius of curvature* ( $\mu = 30121,84$   $\sigma = 6024,368$  in), *weight on bit* ( $\mu = 20000$   $\sigma = 4000$  lb), dengan variasi koefisien gesek).

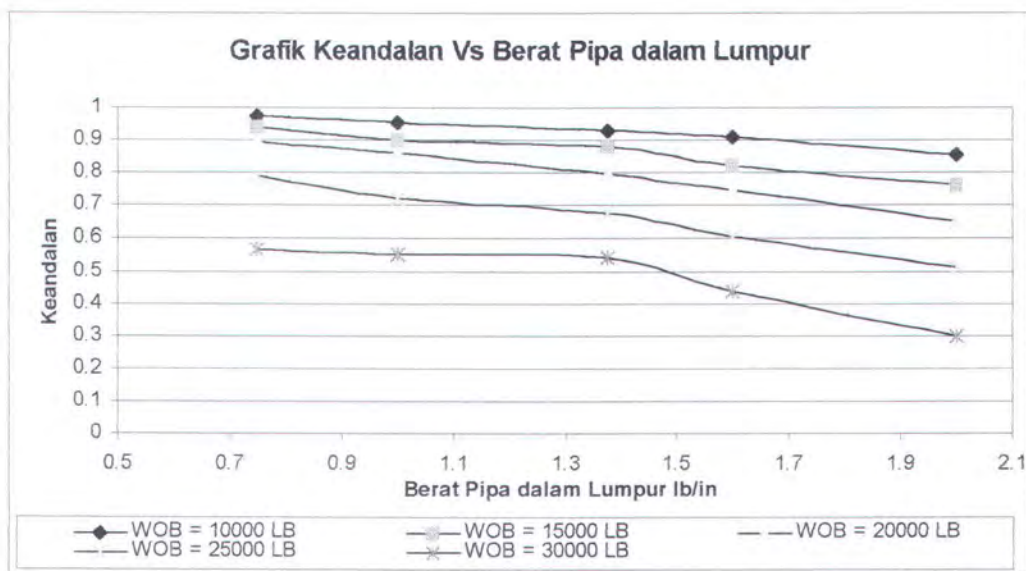




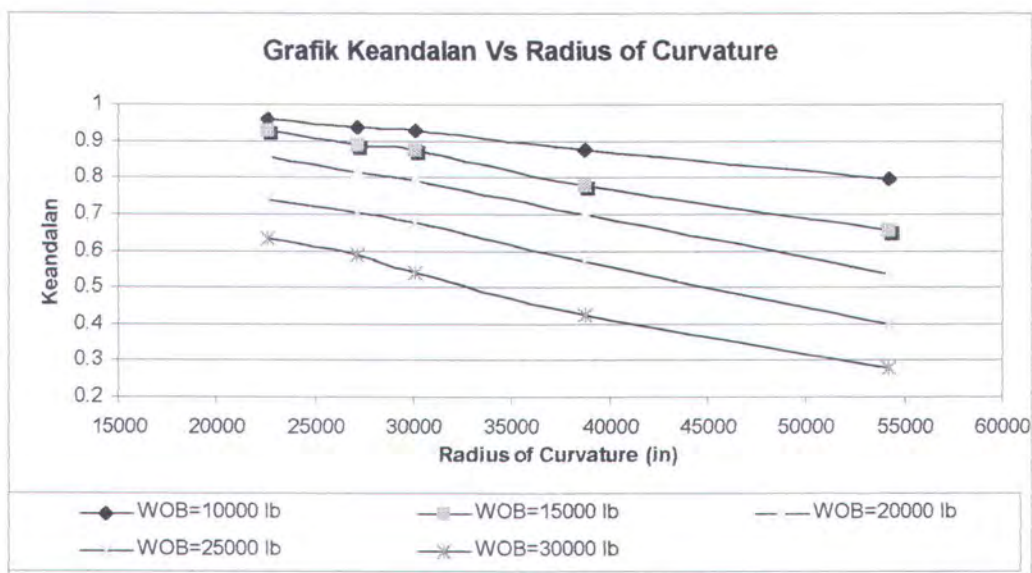
Grafik **Keandalan vs beban tarik** (untuk *yield strength* ( $\mu = 40908$   $\sigma = 2045,4$  psi), berat pipa dalam lumpur ( $\mu = 1,375$   $\sigma = 0,275$  lb/in), *radius of curvature* ( $\mu = 30121,84$   $\sigma = 6024,368$  in), koefisien gesek ( $\mu = 0,33$   $\sigma = 0,0165$ ), dengan variasi *weight on bit*).



Grafik **Keandalan vs berat pipa dalam lumpur** (untuk *yield strength* ( $\mu = 40908$   $\sigma = 2045,4$  psi), beban tarik ( $\mu = 123520$   $\sigma = 6176$  lb), *radius of curvature* ( $\mu = 30121,84$   $\sigma = 6024,368$  in), *weight on bit* ( $\mu = 20000$   $\sigma = 4000$  lb) dengan variasi koefisien gesek).



Grafik **Keandalan vs berat pipa dalam lumpur** (untuk *yield strength* ( $\mu = 40908$   $\sigma = 2045,4$  psi), beban tarik ( $\mu = 123520$   $\sigma = 6176$  lb), *radius of curvature* ( $\mu = 30121,84$   $\sigma = 6024,368$  in), koefisien gesek ( $\mu = 0,33$   $\sigma = 0,0165$ ) dengan variasi *weight on bit* ).



Grafik **Keandalan vs radius of curvature** (untuk *yield strength* ( $\mu = 40908$   $\sigma = 2045,4$  psi), beban tarik ( $\mu = 123520$   $\sigma = 6176$  lb), berat pipa dalam lumpur ( $\mu = 1,375$   $\sigma = 0,275$  lb/in), koefisien gesek ( $\mu = 0,33$   $\sigma = 0,0165$ ) dengan variasi *weight on bit* ).



Editor

File Edit Help

Failure Mode

```

unit f_mk;

interface
uses
  math;
procedure mk;
const
  jum_var = 6;
var
  x: array [1..100] of real;
  nilai_mk: real;

implementation
procedure mk;
begin
  nilai_mk := (0.41*sqrt(sqr(x[1])-(0.05*sqr(x[2]))))-(7991.75+(0.094
end;

end.

```

Preview

Next

Exit

C:\My Documents\nono\noncar nono'.mcs

Not Modified

Probability Density Function

Variable Parameter

Number of Variable

6

Indeks Variable

1

Color

Distribution

Normal

Description

$$f(x) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{x-\mu}{\sigma_x} \right)^2}$$

Distribution Parameter

$\sigma$

=

2004.5500C

$\lambda$

=

$\mu$

=

40091

$\beta$

=

$\gamma$

=

$\eta$

=

Probability Density Function

1.99018E-4

3.00693E+4

5.01148E+4

Preview

Viewing the Distribution Curve

Back

Next

MILIK PERPUSTAKAAN

ITS



# Interferensi Diagram

## Interferensi Diagram

### Distribution Parameter

Distribution

$\sigma$  =

$\mu$  =

$\gamma$  =

$\lambda$  =

$\beta$  =

$\eta$  =

### Variable Parameter

Number of Variable

Index Variable

Number of Looping

Progress Bar


0%

X min

☐ Preview


X max

Result

 **Execute**

 **Back**

Probability of Failure

 **Finish**

```
unit f_mk;
```

```
interface
```

```
uses
```

```
    math;
```

```
procedure mk;
```

```
const
```

```
    jum_var = 6;
```

```
var
```

```
    x: array [1..100] of real;
```

```
    nilai_mk: real;
```

```
implementation
```

```
procedure mk;
```

```
begin
```

```
    nilai_mk := (0.41 * sqrt(sqr(x[1]) - (0.05 * sqr(x[2])))) -  
                (7991.75 + (0.094 * x[3] * x[4] * x[5]) + (0.098 * x[6]));
```

```
end;
```

```
end.
```

unit monte;

interface

uses

Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,  
StdCtrls, ExtCtrls, Buttons, math;

type

```
TDistribusi = class(TForm)
  Label8: TLabel;
  Edit2: TEdit;
  Edit3: TEdit;
  Label9: TLabel;
  ComboBox1: TComboBox;
  Label11: TLabel;
  Label12: TLabel;
  Edit5: TEdit;
  Label13: TLabel;
  Edit6: TEdit;
  Label14: TLabel;
  Label15: TLabel;
  Edit7: TEdit;
  Label16: TLabel;
  Edit8: TEdit;
  Panel1: TPanel;
  PaintBox1: TPaintBox;
  Label3: TLabel;
  Edit11: TEdit;
  Label4: TLabel;
  Label2: TLabel;
  ColorDialog1: TColorDialog;
  Back: TBitBtn;
  Label5: TLabel;
  Label6: TLabel;
  Label7: TLabel;
  Label10: TLabel;
  Panel2: TPanel;
  Preview: TBitBtn;
  Next: TBitBtn;
  Label1: TLabel;
  Bevel1: TBevel;
  Bevel2: TBevel;
  Bevel4: TBevel;
  Label17: TLabel;
  Label18: TLabel;
  Button1: TButton;
  Bevel3: TBevel;
```



```

Bevel5: TBevel;
Image1: TImage;
Image2: TImage;
procedure sumbu_xy;
procedure f_gamma;
procedure curve_dist;
procedure FormCreate(Sender: TObject);
procedure ComboBox1Change(Sender: TObject);
procedure param_dist;
procedure get_param;
procedure show_param;
procedure BackClick(Sender: TObject);
procedure Panel2Click(Sender: TObject);
procedure NextClick(Sender: TObject);
procedure PreviewClick(Sender: TObject);
procedure Button1Click(Sender: TObject);

private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;

var
  Distribusi: TDistribusi;
  loop_var, x_pos, y_pos, geser: integer;
  x_dist, y_dist, x_aksen, x_gamma, y_gamma, l_gamma, x_gammamax,
  deltax_gamma: real;
  scale_x, scale_y, numpong: variant;
  beta, gamma, nu, lamda, sigma, miu, deltax_dist, x_distmax, x_distmin,
  tinggi, lebar, n: array [1..100] of real;
  jenis_dist: array [1..100] of string[20];
  color_var: array [1..100] of tcolor;

implementation
uses
  f_mk, carlo;

{$R *.DFM}

{procedure Next}

procedure TDistribusi.NextClick(Sender: TObject);
begin
  get_param;
  interferensi.showmodal;
end;

```

```
{procedure Preview}
```

```
procedure TDistribusi.PreviewClick(Sender: TObject);  
begin  
    get_param;  
    sumbu_xy;  
    curve_dist;  
end;
```

```
{procedure ComboBox1Change}
```

```
procedure TDistribusi.ComboBox1Change(Sender: TObject);  
begin  
    param_dist;  
end;
```

```
{procedure FormCreate}
```

```
procedure TDistribusi.FormCreate(Sender: TObject);  
begin  
    loop_var:= 1;  
    edit11.text:= inttostr(jum_var);  
    repeat  
        jenis_dist[loop_var]:= 'Normal';  
        deltax_dist[loop_var]:= 1/1000;  
        sigma[loop_var]:= 1;  
        miu[loop_var]:= 1;  
        gamma[loop_var]:= 1;  
        lamda[loop_var]:= 1;  
        beta[loop_var]:= 1;  
        nu[loop_var]:= 1;  
        color_var[loop_var]:= clblack;  
  
        deltax_dist[loop_var]:= abs(5*sigma[loop_var])/5000;  
        x_distmin[loop_var]:= miu[loop_var]-5*sigma[loop_var]+  
            deltax_dist[loop_var]/2;  
        x_distmax[loop_var]:= 2*abs(5*sigma[loop_var])+  
            x_distmin[loop_var];  
        tinggi[loop_var]:= 1/(sigma[loop_var]*sqrt(2*pi));  
        lebar[loop_var]:= x_distmax[loop_var]-x_distmin[loop_var];  
        scale_x:= paintbox1.width/lebar[loop_var];  
        scale_y:= paintbox1.height/tinggi[loop_var];  
        numpang:= miu[loop_var]*scale_x;  
  
        loop_var:= loop_var+1;  
    until loop_var > jum_var;  
end;
```

```
{procedure sumbu_xy}
```

```
procedure tDistribusi.sumbu_xy;
```

```
begin
```

```
  with distribusi.paintbox1.canvas do
```

```
    begin
```

```
      distribusi.panel1.refresh;
```

```
      geser:= numpang;
```

```
      setmapmode(handle,mm_anisotropic);
```

```
      setviewporttex(handle,paintbox1.width,paintbox1.height,nil);
```

```
      setwindowextex(handle,paintbox1.width,-paintbox1.height,nil);
```

```
      setviewportorgex(handle,paintbox1.left+paintbox1.width div 2-geser,  
        paintbox1.top+paintbox1.height,nil);
```

```
      pen.color:= clwhite;
```

```
      moveto(0,0);
```

```
      lineto(0,paintbox1.height);
```

```
    end;
```

```
end;
```

```
{procedure curve_dist}
```

```
procedure tDistribusi.curve_dist;
```

```
begin
```

```
  x_dist:= x_distmin[loop_var];
```

```
  if jenis_dist[loop_var]='Normal' then
```

```
    begin
```

```
      repeat
```

```
        if x_dist-miu[loop_var]=0 then {Normal dist}
```

```
          y_dist:= 1/(sigma[loop_var]*sqrt(2*pi))
```

```
        else
```

```
          y_dist:= 1/(sigma[loop_var]*sqrt(2*pi))*
```

```
            exp(-1/2*sqrt((x_dist-miu[loop_var])/sigma[loop_var]));
```

```
          x_pos:= x_dist*scale_x;
```

```
          y_pos:= y_dist*scale_y;
```

```
          paintbox1.canvas.pixels[x_pos,y_pos]:= color_var[loop_var];
```

```
          x_dist:= x_dist+deltax_dist[loop_var];
```

```
        until x_dist > x_distmax[loop_var];
```

```
      end
```

```
    else
```

```
      if jenis_dist[loop_var]='Weibull' then {Weibull dist}
```

```
        begin
```

```
          repeat
```

```
            if x_dist-gamma[loop_var]=0 then
```

```
              y_dist:= 0
```

```
            else
```

```
              y_dist:= beta[loop_var]/nu[loop_var]*
```

```
                pangkat(((x_dist-gamma[loop_var])/nu[loop_var]),
```

```
                (beta[loop_var]-1))*
```



```

        exp(-pangkat(((x_dist-gamma[loop_var])/nu[loop_var]),
        beta[loop_var]));
    x_pos:= x_dist*scale_x;
    y_pos:= y_dist*scale_y;
    paintbox1.canvas.pixels[x_pos,y_pos]:= color_var[loop_var];
    x_dist:= x_dist+deltax_dist[loop_var];
    until x_dist > x_distmax[loop_var];
end
else
if jenis_dist[loop_var]='Rayleigh' then
begin
    repeat
    if x_dist=0 then {Rayleigh dist}
        y_dist:= 0
    else
        y_dist:= x_dist/(sqr(nu[loop_var]))*exp(-1/2*
        sqr(x_dist/nu[loop_var]));
    x_pos:= x_dist*scale_x;
    y_pos:= y_dist*scale_y;
    paintbox1.canvas.pixels[x_pos,y_pos]:= color_var[loop_var];
    x_dist:= x_dist+deltax_dist[loop_var];
    until x_dist > x_distmax[loop_var];
end
else
if jenis_dist[loop_var]='Exponential' then
begin
    repeat
    y_dist:= lamda[loop_var]*exp(-lamda[loop_var]*
    (x_dist-gamma[loop_var])); {Exp. dist}
    x_pos:= x_dist*scale_x;
    y_pos:= y_dist*scale_y;
    paintbox1.canvas.pixels[x_pos,y_pos]:= color_var[loop_var];
    x_dist:= x_dist+deltax_dist[loop_var];
    until x_dist > x_distmax[loop_var];
end
else
    if jenis_dist[loop_var]='Log - Normal' then
begin
    repeat
    x_aksen:= ln(x_dist);
    if x_aksen-miu[loop_var]=0 then {Log - Normal dist}
        y_dist:= 1/(x_dist*sigma[loop_var]*sqr(2*pi))
    else
        y_dist:= 1/(x_dist*sigma[loop_var]*sqr(2*pi))*
        exp(-1/2*sqr((x_aksen-miu[loop_var])/sigma[loop_var]));
    x_pos:= x_dist*scale_x;
    y_pos:= y_dist*scale_y;
    paintbox1.canvas.pixels[x_pos,y_pos]:= color_var[loop_var];

```

```

        x_dist:= x_dist+deltax_dist[loop_var];
    until x_dist > x_distmax[loop_var];
end
else
if jenis_dist[loop_var]='Extreme Val. Min' then      {Ext Val Min. dist}
begin
    repeat
        y_dist:= 1/nu[loop_var]*exp(((x_dist-gamma[loop_var])/nu[loop_var])-
            exp((x_dist-gamma[loop_var])/nu[loop_var]));
        x_pos:= x_dist*scale_x;
        y_pos:= y_dist*scale_y;
        paintbox1.canvas.pixels[x_pos,y_pos]:= color_var[loop_var];
        x_dist:= x_dist+deltax_dist[loop_var];
    until x_dist > x_distmax[loop_var];
end
else
begin
    {Ext Val Max. dist}
    repeat
        y_dist:= 1/nu[loop_var]*exp(-((x_dist-gamma[loop_var])/nu[loop_var])-
            exp(-((x_dist-gamma[loop_var])/nu[loop_var])));
        x_pos:= x_dist*scale_x;
        y_pos:= y_dist*scale_y;
        paintbox1.canvas.pixels[x_pos,y_pos]:= color_var[loop_var];
        x_dist:= x_dist+deltax_dist[loop_var];
    until x_dist > x_distmax[loop_var];
    end;
end;
end;

```

{procedure f\_gamma}

```

procedure tDistribusi.f_gamma;
begin
    deltax_gamma:= 1/1000;
    x_gamma:= deltax_gamma/2;
    l_gamma:= 0;
    x_gammamax:= n[loop_var]*10;
    repeat
        y_gamma:= exp(-x_gamma)*pangkat(x_gamma,n[loop_var]-1);
        l_gamma:= l_gamma+y_gamma*deltax_gamma;
        x_gamma:= x_gamma+deltax_gamma;
    until x_gamma > x_gammamax;
end;

```

{get\_param}

```

procedure tDistribusi.get_param;
begin
    try

```

```

    loop_var:= strtoint(button1.caption);
    color_var[loop_var]:= panel2.color;
    jenis_dist[loop_var]:= combobox1.text;
    sigma[loop_var]:= strtfloat(edit2.text);
    miu[loop_var]:= strtfloat(edit3.text);
    gamma[loop_var]:= strtfloat(edit5.text);
    lamda[loop_var]:= strtfloat(edit6.text);
    beta[loop_var]:= strtfloat(edit7.text);
    nu[loop_var]:= strtfloat(edit8.text);
    if jenis_dist[loop_var]='Normal' then
begin
    deltax_dist[loop_var]:= abs(5*sigma[loop_var])/5000;
    x_distmin[loop_var]:= miu[loop_var]-5*sigma[loop_var]+
        deltax_dist[loop_var]/2;
    x_distmax[loop_var]:= 2*abs(5*sigma[loop_var])+
        x_distmin[loop_var];
    tinggi[loop_var]:= 1/(sigma[loop_var]*sqrt(2*pi));
    lebar[loop_var]:= x_distmax[loop_var]-x_distmin[loop_var];
    label7.caption:= floattostrf(x_distmin[loop_var],ffExponent,6,0);
    label10.caption:= floattostrf(x_distmax[loop_var],ffExponent,6,0);
    label6.caption:= '0';
    label5.caption:= floattostrf(tinggi[loop_var],ffExponent,6,0);
    scale_x:= paintbox1.width/lebar[loop_var];
    scale_y:= paintbox1.height/tinggi[loop_var];
    numpang:= miu[loop_var]*scale_x;
end
else
    if jenis_dist[loop_var]='Weibull' then
begin
    n[loop_var]:= 1/beta[loop_var]+1;
    f_gamma;
    deltax_dist[loop_var]:= abs(nu[loop_var]*l_gamma)/5000;
    x_distmin[loop_var]:= gamma[loop_var]+deltax_dist[loop_var]/2;
    x_distmax[loop_var]:= 2*abs(nu[loop_var]*l_gamma)+
        x_distmin[loop_var];
    if beta[loop_var] <= 1 then
        tinggi[loop_var]:= beta[loop_var]/nu[loop_var]*exp((beta[loop_var]-1)*
            ln(deltax_dist[loop_var]/(nu[loop_var])))*
            exp(-1*exp(beta[loop_var]*
                ln(deltax_dist[loop_var]/(nu[loop_var]))))
    else
        tinggi[loop_var]:= beta[loop_var]/nu[loop_var]*exp((1-1/beta[loop_var])*
            ln(1-1/beta[loop_var]))*exp(-(1-1/beta[loop_var]));
    lebar[loop_var]:= x_distmax[loop_var]-x_distmin[loop_var];
    label7.caption:= floattostrf(x_distmin[loop_var],ffExponent,6,0);
    label10.caption:= floattostrf(x_distmax[loop_var],ffExponent,6,0);
    label6.caption:= '0';
    label5.caption:= floattostrf(tinggi[loop_var],ffExponent,6,0);

```



```

scale_x:= paintbox1.width/lebar[loop_var];
scale_y:= paintbox1.height/tinggi[loop_var];
numpang:= gamma[loop_var]*scale_x+paintbox1.width/2;
end
else
    if jenis_dist[loop_var]='Rayleigh' then
begin
    deltax_dist[loop_var]:= exp(1/2*ln(pi*sqr(nu[loop_var])/2))/5000;
    x_distmin[loop_var]:= deltax_dist[loop_var]/2;
    x_distmax[loop_var]:= 2*exp(1/2*ln(pi*sqr(nu[loop_var])/2))+
        x_distmin[loop_var];
    tinggi[loop_var]:= 1/nu[loop_var]*exp(-1/2);
    label7.caption:= floattostrf(x_distmin[loop_var],ffExponent,6,0);
    label10.caption:= floattostrf(x_distmax[loop_var],ffExponent,6,0);
    label6.caption:= '0';
    label5.caption:= floattostrf(tinggi[loop_var],ffExponent,6,0);
    lebar[loop_var]:= x_distmax[loop_var]-x_distmin[loop_var];
    scale_x:= paintbox1.width/lebar[loop_var];
    scale_y:= paintbox1.height/tinggi[loop_var];
    numpang:= paintbox1.width/2;
end
else
    if jenis_dist[loop_var]='Exponential' then
begin
    deltax_dist[loop_var]:= (1/lamda[loop_var])/5000;
    x_distmin[loop_var]:= gamma[loop_var]+deltax_dist[loop_var]/2;
    x_distmax[loop_var]:= 2*(1/lamda[loop_var])+x_distmin[loop_var];
    tinggi[loop_var]:= lamda[loop_var];
    lebar[loop_var]:= x_distmax[loop_var]-x_distmin[loop_var];
    label7.caption:= floattostrf(x_distmin[loop_var],ffExponent,6,0);
    label10.caption:= floattostrf(x_distmax[loop_var],ffExponent,6,0);
    label6.caption:= '0';
    label5.caption:= floattostrf(tinggi[loop_var],ffExponent,6,0);
    scale_x:= paintbox1.width/lebar[loop_var];
    scale_y:= paintbox1.height/tinggi[loop_var];
    numpang:= gamma[loop_var]*scale_x+paintbox1.width/2;
end
else
    if jenis_dist[loop_var]='Log - Normal' then
begin
    deltax_dist[loop_var]:= abs(exp(miu[loop_var]+1/2*sqr(sigma[loop_var])))/
        5000;
    x_distmin[loop_var]:= deltax_dist[loop_var]/2;
    x_distmax[loop_var]:= 2*abs(exp(miu[loop_var]+1/2*sqr(sigma[loop_var])))+
        x_distmin[loop_var];
    tinggi[loop_var]:= 1/(exp(miu[loop_var]-
sqr(sigma[loop_var]))*sigma[loop_var]*
        sqrt(2*pi))*exp(-1/2*sqr(-sigma[loop_var]));

```

```

lebar[loop_var]:= x_distmax[loop_var]-x_distmin[loop_var];
label7.caption:= floattostrf(x_distmin[loop_var],ffExponent,6,0);
label10.caption:= floattostrf(x_distmax[loop_var],ffExponent,6,0);
label6.caption:= '0';
label5.caption:= floattostrf(tinggi[loop_var],ffExponent,6,0);
scale_x:= paintbox1.width/lebar[loop_var];
scale_y:= paintbox1.height/tinggi[loop_var];
numpang:= paintbox1.width/2;
end
else
    if jenis_dist[loop_var]='Extreme Val. Min' then
begin
    x_distmin[loop_var]:= gamma[loop_var]-nu[loop_var]*20;
    x_distmax[loop_var]:= gamma[loop_var]+nu[loop_var]*5;
    deltax_dist[loop_var]:= (x_distmax[loop_var]-x_distmin[loop_var])/5000;
    x_distmin[loop_var]:= x_distmin[loop_var]+deltax_dist[loop_var]/2;
    tinggi[loop_var]:= 1/nu[loop_var]*exp(-1);
    lebar[loop_var]:= x_distmax[loop_var]-x_distmin[loop_var];
    label7.caption:= floattostrf(x_distmin[loop_var],ffExponent,6,0);
    label10.caption:= floattostrf(x_distmax[loop_var],ffExponent,6,0);
    label6.caption:= '0';
    label5.caption:= floattostrf(tinggi[loop_var],ffExponent,6,0);
    scale_x:= paintbox1.width/lebar[loop_var];
    scale_y:= paintbox1.height/tinggi[loop_var];
    numpang:= gamma[loop_var]*scale_x;
end
else
    if jenis_dist[loop_var]='Extreme Val. Max' then
begin
    x_distmin[loop_var]:= gamma[loop_var]-nu[loop_var]*5;
    x_distmax[loop_var]:= gamma[loop_var]+nu[loop_var]*20;
    deltax_dist[loop_var]:= (x_distmax[loop_var]-x_distmin[loop_var])/5000;
    x_distmin[loop_var]:= x_distmin[loop_var]+deltax_dist[loop_var]/2;
    tinggi[loop_var]:= 1/nu[loop_var]*exp(-1);
    lebar[loop_var]:= x_distmax[loop_var]-x_distmin[loop_var];
    label7.caption:= floattostrf(x_distmin[loop_var],ffExponent,6,0);
    label10.caption:= floattostrf(x_distmax[loop_var],ffExponent,6,0);
    label6.caption:= '0';
    label5.caption:= floattostrf(tinggi[loop_var],ffExponent,6,0);
    scale_x:= paintbox1.width/lebar[loop_var];
    scale_y:= paintbox1.height/tinggi[loop_var];
    numpang:= gamma[loop_var]*scale_x;
end
else
begin
    messagedlg('Jenis distribusi tersebut tidak ada ',mterror,[mbok],0);
    combobox1.text:= 'Normal';
end;

```



```

except
on eConvertError do
    messagedlg('Error on Parameter Input',mtError,[mbok],0);
on eOverflow do
    messagedlg('Parameter Input is Too Large',mtError,[mbok],0);
end;
end;

```

```

{procedure show_param}

```

```

procedure tDistribusi.show_param;
begin
    loop_var:= strtoint(button1.caption);
    panel2.color:= color_var[loop_var];
    combobox1.text:= jenis_dist[loop_var];
    edit2.text:= floattostr(sigma[loop_var]);
    edit3.text:= floattostr(miu[loop_var]);
    edit5.text:= floattostr(gamma[loop_var]);
    edit6.text:= floattostr(lamda[loop_var]);
    edit7.text:= floattostr(beta[loop_var]);
    edit8.text:= floattostr(nu[loop_var]);
end;

```

```

{procedure param_dist}

```

```

procedure tDistribusi.param_dist;
begin
    jenis_dist[loop_var]:= combobox1.text;
    image1.Stretch := True;
    if jenis_dist[loop_var]='Normal' then
    begin
        edit2.enabled:= true;
        edit3.enabled:= true;
        edit5.enabled:= false;
        edit6.enabled:= false;
        edit7.enabled:= false;
        edit8.enabled:= false;
        image1.Picture.LoadFromFile('norm.bmp');
    end
    else
    if jenis_dist[loop_var]='Weibull' then
    begin
        edit2.enabled:= false;
        edit3.enabled:= false;
        edit5.enabled:= true;
        edit6.enabled:= false;
        edit7.enabled:= true;
        edit8.enabled:= true;
    end
    end;

```



```

    image1.Picture.LoadFromFile('weib.bmp');
end
else
    if jenis_dist[loop_var]='Rayleigh' then
begin
    edit2.enabled:= false;
    edit3.enabled:= false;
    edit5.enabled:= false;
    edit6.enabled:= false;
    edit7.enabled:= false;
    edit8.enabled:= true;
    image1.Picture.LoadFromFile('raylgh.bmp');
end
else
    if jenis_dist[loop_var]='Exponential' then
begin
    edit2.enabled:= false;
    edit3.enabled:= false;
    edit5.enabled:= true;
    edit6.enabled:= true;
    edit7.enabled:= false;
    edit8.enabled:= false;
    image1.Picture.LoadFromFile('exp.bmp');
end
else
    if jenis_dist[loop_var]='Log - Normal' then
begin
    edit2.enabled:= true;
    edit3.enabled:= true;
    edit5.enabled:= false;
    edit6.enabled:= false;
    edit7.enabled:= false;
    edit8.enabled:= false;
    image1.Picture.LoadFromFile('lognorm.bmp');
end
else
    if jenis_dist[loop_var]='Extreme Val. Min' then
begin
    edit2.enabled:= false;
    edit3.enabled:= false;
    edit5.enabled:= true;
    edit6.enabled:= false;
    edit7.enabled:= false;
    edit8.enabled:= true;
    image1.Picture.LoadFromFile('exvalmin.bmp');
end
else
    if jenis_dist[loop_var]='Extreme Val. Max' then

```

```

begin
    edit2.enabled:= false;
    edit3.enabled:= false;
    edit5.enabled:= true;
    edit6.enabled:= false;
    edit7.enabled:= false;
    edit8.enabled:= true;
    image1.Picture.LoadFromFile('exvalmax.bmp');
end
else
begin
    messagedlg('Jenis Distribusi tersebut tidak ada',mterror,[mbok],0);
    combobox1.text:= 'Normal';
    image1.Picture.LoadFromFile('norm.bmp');
end;
end;

{back button}

procedure TDistribusi.BackClick(Sender: TObject);
begin
    application.terminate;
end;

{pilih color}

procedure TDistribusi.Panel2Click(Sender: TObject);
begin
    if colordialog1.execute then
        panel2.color:= colordialog1.color;
    loop_var:= strtoint(button1.caption);
    color_var[loop_var]:= colordialog1.color;
end;

procedure TDistribusi.Button1Click(Sender: TObject);
begin
    loop_var:= strtoint(button1.caption);
    get_param;
    loop_var:= loop_var+1;
    if loop_var > jum_var then loop_var:= 1;
    button1.caption:= inttostr(loop_var);
    show_param;
    param_dist;
end;

end.

```

unit carlo;

interface

uses

Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,  
ExtCtrls, StdCtrls, Buttons, ComCtrls, math, Gauges;

type

TInterferensi = class(TForm)

Panel1: TPanel;

PaintBox1: TPaintBox;

Label6: TLabel;

Label8: TLabel;

Label9: TLabel;

Label11: TLabel;

Label12: TLabel;

Label13: TLabel;

Label15: TLabel;

Label16: TLabel;

Label3: TLabel;

Label4: TLabel;

Edit1: TEdit;

Edit3: TEdit;

Edit4: TEdit;

Edit5: TEdit;

Edit6: TEdit;

Edit7: TEdit;

Edit8: TEdit;

Edit9: TEdit;

Edit11: TEdit;

Finish: TBitBtn;

Label5: TLabel;

Back: TBitBtn;

Execute: TBitBtn;

Label2: TLabel;

Label7: TLabel;

Label10: TLabel;

Label17: TLabel;

Edit10: TEdit;

Edit12: TEdit;

Label1: TLabel;

Bevel1: TBevel;

Bevel2: TBevel;

Label18: TLabel;

Bevel3: TBevel;

Label19: TLabel;

Bevel4: TBevel;



```

Label20: TLabel;
Label21: TLabel;
Bevel5: TBevel;
Button1: TButton;
Image1: TImage;
CheckBox1: TCheckBox;
Gauge1: TGauge;
procedure sumbu_xy;
procedure curve_dist;
procedure FinishClick(Sender: TObject);
procedure ExecuteClick(Sender: TObject);
procedure BackClick(Sender: TObject);
procedure FormClose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);
procedure Button1Click(Sender: TObject);
procedure FormActivate(Sender: TObject);

private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;

var
  Interferensi: TInterferensi;
  loop_hit_mk, hit_mk, mk_minus, loop_varc: integer;
  bil_random, x_min, x_max, ting_max, l_dist: real;

implementation
uses
  monte, f_mk;

{$R *.DFM}

{procedure execute}

procedure TInterferensi.ExecuteClick(Sender: TObject);
label 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 21, 22;
begin
  execute.enabled:= false;
  back.enabled:= false;
  finish.enabled:= false;
  interferensi.panel1.refresh;
  hit_mk:= strtoint(edit11.text);
  edit12.text:= "";
  x_min:= x_distmin[1];
  x_max:= x_distmax[1];
  ting_max:= tinggi[1];
  loop_varc:= 1;

```

```

repeat
    if x_min > x_distmin[loop_varc] then
        x_min:= x_distmin[loop_varc];
    if x_max < x_distmax[loop_varc] then
        x_max:= x_distmax[loop_varc];
    if ting_max < tinggi[loop_varc] then
        ting_max:= tinggi[loop_varc];
    loop_varc:= loop_varc+1;
until loop_varc > jum_var;
if checkbox1.checked then
begin
    label10.caption:= floattostf(x_min,ffExponent,6,0);
    label17.caption:= floattostf(x_max,ffExponent,6,0);
    label7.caption:= '0';
    label2.caption:= floattostf(ting_max,ffExponent,6,0);
    scale_x:= paintbox1.width/(x_max-x_min);
    scale_y:= paintbox1.height/ting_max;
    numpang:= ((x_max-x_min)/2+x_min)*scale_x;
    sumbu_xy;
    for loop_varc:= 1 to jum_var do
        curve_dist;
end;
gauge1.progress:= 0;
gauge1.maxvalue:= hit_mk;
mk_minus:= 0;
for loop_hit_mk:= 1 to hit_mk do
    perhitungan mk}
begin
    interferensi.update;
    gauge1.progress:= gauge1.progress+1;
    for loop_varc:= 1 to jum_var do
        jumlah variabel}
begin
    bil_random:= random;
    x_dist:= x_distmin[loop_varc];
    l_dist:= 0;
    if jenis_dist[loop_varc]='Normal' then
begin
    11: if x_dist-miu[loop_varc]=0 then
        {Normal dist}
        y_dist:= 1/((sigma[loop_varc]*sqrt(2*pi))
        else
        y_dist:= 1/((sigma[loop_varc]*sqrt(2*pi))*
            exp(-1/2*sqr((x_dist-miu[loop_varc])/sigma[loop_varc]));
        goto 21;
    end
    else
        if jenis_dist[loop_varc]='Weibull' then

```

```

begin
12:   if x_dist-gamma[loop_varc]=0 then           {Weibull dist}
       y_dist:= 0
     else
       y_dist:= beta[loop_varc]/nu[loop_varc]*
         pangkat(((x_dist-gamma[loop_varc])/nu[loop_varc]),
         (beta[loop_varc]-1))*exp(-pangkat(((x_dist-
         gamma[loop_varc])/nu[loop_varc]),beta[loop_varc]));
       goto 21;
     end
   else
       if jenis_dist[loop_varc]='Rayleigh' then
       begin
13:   if x_dist=0 then           {Rayleigh dist}
           y_dist:= 0
         else
           y_dist:= x_dist/(sqr(nu[loop_varc]))*exp(-1/2*
             sqr(x_dist/nu[loop_varc]));
           goto 21;
         end
       else
           if jenis_dist[loop_varc]='Exponential' then
       begin
14:   y_dist:= lamda[loop_varc]*exp(-lamda[loop_varc]*
             (x_dist-gamma[loop_varc]));
           {Exp. dist}
           goto 21;
         end
       else
           if jenis_dist[loop_varc]='Log - Normal' then
       begin
15:   x_aksen:= ln (x_dist);
           if x_aksen-miu[loop_varc]=0 then           {Log - Normal dist}
               y_dist:= 1/(x_dist*sigma[loop_varc]*sqr(2*pi))
             else
               y_dist:= 1/(x_dist*sigma[loop_varc]*sqr(2*pi))*
                 exp(-1/2*sqr((x_aksen-miu[loop_varc])/
                 sigma[loop_varc]));
               goto 21;
             end
           else
               if jenis_dist[loop_varc]='Extreme Val. Min' then
       begin
16:   y_dist:= 1/nu[loop_varc]*exp(((x_dist-gamma[loop_varc])/
             nu[loop_varc])-exp(-1*((x_dist-
             gamma[loop_varc])/
             nu[loop_varc])));
           {Ext. Val.
           Min. dist}

```



```

        goto 21;
    end
    else
    begin
17:        y_dist:= 1/nu[loop_varc]*exp(-1*((x_dist-gamma[loop_varc])/
                                                    nu[loop_varc])-exp(-1*((x_dist-
gamma[loop_varc])/
                                                    nu[loop_varc])));
Max. dist}                                     {Ext. Val.
        goto 21;
    end;
21:    l_dist:= l_dist+y_dist*deltax_dist[loop_varc];
    if l_dist >= bil_random then
        goto 22
    else
        x_dist:= x_dist+deltax_dist[loop_varc];
        if jenis_dist[loop_varc]='Normal' then goto 11;
        if jenis_dist[loop_varc]='Weibull' then goto 12;
        if jenis_dist[loop_varc]='Rayleigh' then goto 13;
        if jenis_dist[loop_varc]='Exponential' then goto 14;
        if jenis_dist[loop_varc]='Log - Normal' then goto 15;
        if jenis_dist[loop_varc]='Extreme Val. Min' then
            goto 16
        else
            goto 17;
22:    x[loop_varc]:= x_dist;                    {Transformasi}
    end;
    mk;
    if nilai_mk < 0 then
        mk_minus:= mk_minus+1;
    end;
    gauge1.progress:= 0;
    edit12.text:= floattostr(mk_minus/hit_mk);
    execute.enabled:= true;
    back.enabled:= true;
    finish.enabled:= true;
end;

{procedure sumbu_xy}

procedure tInterferensi.sumbu_xy;
begin
    with interferensi.paintbox1.canvas do
    begin
        interferensi.panel1.refresh;
        geser:= numpang;
        setmapmode(handle,mm_anisotropic);
        setviewporttextex(handle,paintbox1.width,paintbox1.height,nil);
    end;
end;

```

```

setwindowextex(handle,paintbox1.width,-paintbox1.height,nil);
setviewportorgex(handle,paintbox1.left+paintbox1.width div 2-geser,
    paintbox1.top+paintbox1.height,nil);
pen.color:= clwhite;
moveto(0,0);
lineto(0,paintbox1.height);
end;
end;

{procedure curve_dist}

procedure tInterferensi.curve_dist;
begin
    x_dist:= x_distmin[loop_varc];
    if jenis_dist[loop_varc]='Normal' then
    begin
        repeat
            if x_dist-miu[loop_varc]=0 then {Normal dist}
                y_dist:= 1/(sigma[loop_varc]*sqrt(2*pi))
            else
                y_dist:= 1/(sigma[loop_varc]*sqrt(2*pi))*
                    exp(-1/2*sqr((x_dist-miu[loop_varc])/sigma[loop_varc]));
            x_pos:= x_dist*scale_x;
            y_pos:= y_dist*scale_y;
            paintbox1.canvas.pixels[x_pos,y_pos]:= color_var[loop_varc];
            x_dist:= x_dist+deltax_dist[loop_varc];
        until x_dist > x_max;
        end
    else
        if jenis_dist[loop_varc]='Weibull' then {Weibull dist}
        begin
            repeat
                if x_dist-gamma[loop_varc]<=0 then
                    y_dist:= 0
                else
                    y_dist:= beta[loop_varc]/nu[loop_varc]*
                        pangkat(((x_dist-gamma[loop_varc])/nu[loop_varc]),
                            (beta[loop_varc]-1))*
                        exp(-pangkat(((x_dist-gamma[loop_varc])/nu[loop_varc]),
                            beta[loop_varc]));
                    x_pos:= x_dist*scale_x;
                    y_pos:= y_dist*scale_y;
                    paintbox1.canvas.pixels[x_pos,y_pos]:= color_var[loop_varc];
                    x_dist:= x_dist+deltax_dist[loop_varc];
                until x_dist > x_max;
            end
        else
            if jenis_dist[loop_varc]='Rayleigh' then

```

```

begin
  repeat
    if x_dist <= 0 then                                {Rayleigh dist}
      y_dist := 0
    else
      y_dist := x_dist / (sqr(nu[loop_varc])) * exp(-1/2 *
        sqr(x_dist / nu[loop_varc]));
      x_pos := x_dist * scale_x;
      y_pos := y_dist * scale_y;
      paintbox1.canvas.pixels[x_pos, y_pos] := color_var[loop_varc];
      x_dist := x_dist + deltax_dist[loop_varc];
    until x_dist > x_max;
  end
else
  if jenis_dist[loop_varc] = 'Exponential' then
    begin                                          {Exp. dist}
      repeat
        if x_dist <= gamma[loop_varc] then
          y_dist := 0
        else
          y_dist := lamda[loop_varc] * exp(-lamda[loop_varc] *
            (x_dist - gamma[loop_varc]));
          x_pos := x_dist * scale_x;
          y_pos := y_dist * scale_y;
          paintbox1.canvas.pixels[x_pos, y_pos] := color_var[loop_varc];
          x_dist := x_dist + deltax_dist[loop_varc];
        until x_dist > x_max;
      end
    else
      if jenis_dist[loop_varc] = 'Log - Normal' then
        begin                                          {Log - Normal dist}
          repeat
            x_aksen := ln(x_dist);
            if x_dist <= 0 then
              y_dist := 0
            else
              if x_aksen - miu[loop_varc] = 0 then
                y_dist := 1 / (x_dist * sigma[loop_varc] * sqrt(2 * pi))
              else
                y_dist := 1 / (x_dist * sigma[loop_varc] * sqrt(2 * pi)) *
                  exp(-1/2 * sqr((x_aksen - miu[loop_varc]) /
                    sigma[loop_varc]));
                x_pos := x_dist * scale_x;
                y_pos := y_dist * scale_y;
                paintbox1.canvas.pixels[x_pos, y_pos] := color_var[loop_varc];
                x_dist := x_dist + deltax_dist[loop_varc];
              until x_dist > x_max;
            end
          end
        end
      end
    end
  end
end

```



```

else
if jenis_dist[loop_varc]='Extreme Val. Min' then           {Ext Val Min. dist}
begin
    repeat
        y_dist:= 1/nu[loop_varc]*exp(((x_dist-gamma[loop_varc])/nu[loop_varc])-
            exp((x_dist-gamma[loop_varc])/nu[loop_varc]));
        x_pos:= x_dist*scale_x;
        y_pos:= y_dist*scale_y;
        paintbox1.canvas.pixels[x_pos,y_pos]:= color_var[loop_varc];
        x_dist:= x_dist+deltax_dist[loop_varc];
    until x_dist > x_max;
end
else
begin                                     {Ext Val Max. dist}
    repeat
        y_dist:= 1/nu[loop_varc]*exp(-((x_dist-gamma[loop_varc])/nu[loop_varc])-
            exp(-((x_dist-gamma[loop_varc])/nu[loop_varc])));
        x_pos:= x_dist*scale_x;
        y_pos:= y_dist*scale_y;
        paintbox1.canvas.pixels[x_pos,y_pos]:= color_var[loop_varc];
        x_dist:= x_dist+deltax_dist[loop_varc];
    until x_dist > x_max;
    end;
end;

{procedure interferensi finish}

procedure TInterferensi.FinishClick(Sender: TObject);
begin
    application.terminate;
end;

{procedure interferensi back}

procedure TInterferensi.BackClick(Sender: TObject);
begin
    interferensi.close;
end;

procedure TInterferensi.FormActivate(Sender: TObject);
begin
    gauge1.progress:= 0;
    panel1.refresh;
    edit1.text:= inttostr(jum_var);
    edit12.text:= "";
    button1.caption:= '1';
    loop_varc:= strtoint(button1.caption);
    edit10.color:= color_var[loop_varc];

```

```

edit3.text:= jenis_dist[loop_varc];
edit4.text:= floattostr(sigma[loop_varc]);
edit5.text:= floattostr(miu[loop_varc]);
edit6.text:= floattostr(gamma[loop_varc]);
edit7.text:= floattostr(lamda[loop_varc]);
edit8.text:= floattostr(beta[loop_varc]);
edit9.text:= floattostr(nu[loop_varc]);
end;

procedure TInterferensi.FormClose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);
begin
    interferensi.visible:= false;
    distribusi.visible:= true;
end;

procedure TInterferensi.Button1Click(Sender: TObject);
begin
    loop_varc:= strtoint(button1.caption);
    loop_varc:= loop_varc+1;
    if loop_varc > jum_var then loop_varc:= 1;
    button1.caption:= inttostr(loop_varc);
    edit10.color:= color_var[loop_varc];
    edit3.text:= jenis_dist[loop_varc];
    edit4.text:= floattostr(sigma[loop_varc]);
    edit5.text:= floattostr(miu[loop_varc]);
    edit6.text:= floattostr(gamma[loop_varc]);
    edit7.text:= floattostr(lamda[loop_varc]);
    edit8.text:= floattostr(beta[loop_varc]);
    edit9.text:= floattostr(nu[loop_varc]);
end;

end.

```